لورانس كراوس

كونٌ مِن لاشيء

مع تعليق ريتشارد دوكينز

a universe from nothing

why there is something rather than nothing

ترجمة غادة الحلواني

منشورات الرمل

الكتاب: كون من لا شيء
لورانس كراوس
ترجمة غادة الحلواني
عدد الصفحات: 248 صفحة
الترقيم الدولي: 978-977-6483-26-2
رقم الإيداع: 2015-7549
الطبعة الأولى: 2015

ترجمة مرخصة لكتاب:
A UNIVERSE FROM NOTHING
Why There is Something Rather Than Nothing
Copyright © 2012 by Lawrence M. Krauss
Arabic Language Translation copyright © 2015 by Dar Altanweer

جميع الحقوق محفوظة ©

الناشر:

منشورات الرمل - مصر

مصر: القاهرة-وسط البلد -19 عبد السلام عارف (البستان سابقًا)-الدور 8-شقة 82
هاتف: 0020223921332
بريد إلكتروني: cairo@dar-altanweer. com

توزيع دار التنوير
بيروت - القاهرة - تونس

مقدمة الطبعة الورقية

منذ ظهور الطبعة الأولى من هذا الكتاب، حدث رد فعل سلبي عميق لدى بعض النقاد والمعلِّقين على فكرة أن كونًا بزغ من لا شيء تمت موازنته باكتشاف علمي ضخم يدعم هذه الاحتمالية. ويصقل البرهان على وجود بوزون هيجز Higgs boson فهمنا للعلاقة بين ما يبدو أنه الفضاء الفارغ ووجودنا. أود أن أسهب في هذه المقدمة الجديدة عن كل من بوزون هيجز وردود الأفعال السلبية على كون من لا شيء.

حين اخترت عنوانًا فرعيًا للكتاب «لماذا هناك شيء ما بدلًا عن لا شيء»، قصدت أن أربط بين الاكتشافات الرائعة التي أنجزها العلم المعاصر وسؤال فتن اللاهوتيين والفلاسفة وفلاسفة الطبيعة والجمهور العام لأكثر من ألفيتين. إلا أني لم أعِ تمامًا كيف يمكن أن يؤدي اختياري لكلماتي إلى النوع نفسه من الارتباك، الذي يحدث حين يقول شخص ما علانية إن النشوء والتطور نظرية.

في اللغة العامة، تفيد كلمة نظرية معنى مختلفًا جدًا عن معناها العلمي، وكذلك الأمر بالنسبة لتعبير لا شيء، إذ إنها قضية حساسة لدى بعض الناس؛ خط مرسوم في الرمل لا يرغب البعض في تجاوزه،

حتى إن استخدام الكلمة، تمامًا مثل استخدام كلمة الله، يمكن أن يثير استقطابًا عاليًا من شأنه أن يشوِّش على القضايا الأهم. ويمكن أن تنطبق الملاحظة نفسها على سؤال «لماذا؟»: إن استخدام لماذا ولا شيء معًا يمكن أن يكون انفجاريًا مثل مزج الديزل مع محفِّز ما.

في الفصل التاسع من هذا الكُتاب ذكرتُ حقيقة أودُّ الآن أن أذكرها هنا أولًا. حينما يسأل الشخص «لماذا؟» في العلم، فهو يعني فعليًا «كيف؟». إن «لماذا؟» ليس سؤالًا مستحسنًا في العلم لأنه - غالبًا- يعني ضمنيًا السؤال عن الغاية، ويمكن للشخص أن يستمر في طرح سؤال «لماذا؟» للأبد، كما يعرف أي شخص لديه طفل صغير، بغضّ النظر عن مضمون الاجابة عن السؤال السابق. في النهاية، تكون أجاب عن سؤال مهم من أسئلة «لماذا؟»: «لماذا هناك ستة كواكب؟». أعتقد أن الإجابة تكمن في منظور الأشكال الأفلاطونية الخمسة الصلبة five platonic solids؛ تلك الأجسام المقدَّسة من الأشكال الهندسية، التي يمكن أن تتكوَّن أوجهها من مضلَّعات منتظمة - مثلثة الأضلاع، رباعية الأضلاع... إلخ- والتي يمكن أن تحوطها كرات يزداد حجمها بزيادة عدد أوجه الشكل الصلب. وقد استنتج كيلر إذن أنه إذا كانت تلك الكرات تفصل مدارات الكواكب الستة المعروفة، فربما كانت مسافاتها النسبية عن الشمس وحقيقة أن هناك ستة منها فقط، هما كشف، بالمعنى العميق، عن عقل الله، الرياضي. (تعود الفكرة القائلة بقدسية الرياضيات إلى عصر فيثاغورس Pythagoras). ومن ثم كان سؤال «لماذا هناك ستة كواكب؟» في عام 1595 سؤالًا ذا مغزى، سؤالًا كشف الغاية من الكون.

من ناحية أخرى، نحن نفهم الآن أن السؤال بلا مغزى. وفي المقام الأول، نعرف أنها ليست ستة كواكب، بل تسعة. (سوف يظل بلوتو كوكبًا بالنسبة لي دائمًا، ليس بسبب رغبتي في مضايقة صديقي نيل ديجراس

تايسون Neil deGrasse Tyson بهذا الإصرار فقط، بل لأن المشروع العلمي لابنتي في الصف الرابع عن بلوتو ولا أريد أن يضيع جهدها هباءً!) ومع ذلك، فالنقطة الأهم هي أننا نعرف أن نظامنا الشمسي ليس فريدًا، بينما لم يعرف كيبلر، ولا عرف عصره، هذا. لقد تم اكتشاف أكثر من ألفي كوكب تدور حول نجوم (عن طريق القمر الصناعي الذي يسمَّى كيبلر، في الوقت نفسه!).

إذن، لا يصبح السؤال المهم «لماذا؟» بل «كيف يتكوَّن نظامنا الشمسي من تسعة كواكب؟». (أو ثمانية اعتمادًا على عدِّك). وبما أن هناك، كما هو واضح، الكثير من النظم الشمسية المختلفة، بمعالم مختلفة جدًا، فإن ما نريد أن نعرفه هو كيف أو إلى أي مدىً يُعدُّ نظامنا الشمسي نموذجيًا، ما الظروف أو الأحوال الخاصة التي يمكن أن تكون قد توافرت لتسمح لنظامنا الشمسي بأن يتكوَّن من أربعة كواكب صخرية هي الأقرب للشمس، يحيط بها عدد من السحب الغازية العملاقة الضخمة. على سبيل المثال، يمكن أن تلقي الإجابة عن هذا السؤال الضوء على احتمالية العثور على حياة في مكان آخر من الكون.

ومع ذلك، فإن الأمر الأهم هو أننا ندرك أن الستة (أو الثمانية أو التسعة كواكب)، لا تتمتع بخاصية ما عميقة، إذ ليس فيها ما يشير إلى غاية أو تصميم ما... ولا فيها دليل على «غاية» ما في توزيع الكواكب في الكون. لم يصبح سؤال «الماذا؟»، «كيف؟» فحسب، بل لم يعد «الماذا؟» يتمتع بأي معنى قابل للإثبات أو للتحقُّق.

وبالمثل كذلك، فإننا حين نسأل: «لماذا هناك شيء ما بدلًا من لا شيء؟». فإننا نعني حقًا: «كيف هناك شيء ما بدلًا من لا شيء؟». هذا يقودني إلى الارتباك الثاني، الذي تولَّد عن اختياري للكلمات. هناك «معجزات» ظاهرية كثيرة للطبيعة تبدو مروِّعة، حتى إن العديد من الناس

تخلى عن إيجاد تفسير لكيفية وصولنا إلى حالة أن نلقي باللوم على الله. لكن السؤال الذي يعنيني حقًا، والذي يمكن أن يتناوله العلم هو السؤال كيف يمكن أن تكون كل «مادة» الكون جاءت من لا «مادة»، وكيف يمكن أن تؤدي اللاصورة إلى صورة[1]. هذا ما يبدو صاعقًا وغير بديهي تمامًا. يبدو أنه ينتهك كل شيء نعرفه عن العالم- وخصوصًا حقيقة أن الطاقة في أشكالها المتنوّعة، بما فيها الكتلة، باقية[2]. يقترح الوعي الجمعي[3] أن الـ «لا شيء» الذي يعني في هذا السياق غياب «الشيء»، لا بد أن تكون طاقته الكلية صفرًا. لذلك، من أين جاء ما يقرب من أربعمائة مليار مجرَّة -أو نحو ذلك- التي يتكوَّن منها الكون المرئي؟

إن من أكثر الحقائق روعة وتحرُّرًا التي يتمتع بها العلم هي احتياجنا إلى أن ننقي ما نعنيه بـ «الوعي الجمعي» من أجل تعديل فهمنا للطبيعة. تحرِّرنا هذه الحقيقة العلمية من تحيّزاتنا وسوء الفهم اللذين بزغا من حقيقة تطوُّر عقولنا عبر أسلافنا الحيوانات التي اعتمد بقاؤها على قيد الحياة على كون المفترسين يترصَّدون إمَّا خلف الأشجار أو في الكهوف، وليس إلى فهم عمل الموجات الإلكترونية في الذرات.

إن تصوّرنا المعاصر عن الكون يختلف اختلافًا تامًا عمَّا اعتقده الناس إجمالًا، حتى العلماء منهم، منذ قرن مضى. وهو شهادة ثناء لقوة المنهج العلمي والإبداع وإصرار البشرية التي تريد أن تفهم الكون. هذا أمر يستحق الاحتفاء. وكما شرحت في هذا الكتاب، يتمتع السؤال «كيف؟»

---

(1) Formlessness led to form

انظر المعجم الفلسفي، مراد وهبة، باب الصاد، ص 377 ، دار قباء الحديثة، القاهرة، ح.م.ع. 2007. لمزيد من التعريف الفلسفي لمعنى الصورة ونشأة الوجود.

(2) قانون بقاء الطاقة/ الحفاظ على الطاقة: الطاقة لا تفنى ولا تستحدث من عدم، لكن يمكن تحولها من صورة لأخرى: حركية إلى حرارية على سبيل المثال.

(3) Common sense، المعجم الفلسفي، ص 276، مصدر سابق ذكره.

يمكن أن يبزغ شيء ما من لا شيء، وإجاباته المحتملة باهتمام أكبر من مجرَّد احتمالية المجرات التي تظهر من الفضاء الفارغ. إن العلم يمدنا بخريطة طريق محتملة عن خلق الفضاء (والزمن) نفسه؛ وربما يمدُّنا كذلك بفهم لكيف يمكن أن تبزغ عشوائيًا قوانين الفيزياء التي تحكم ديناميكيات الفضاء والزمن.

ومع ذلك لا يرى البعض أن الحلول المحتملة الفاتنة لهذه الألغاز العتيقة كافية. إذ يهيمن عليها سؤال اللاوجود الأعمق: هل يمكن أن نفهم كيف لم يعد اللاشيء المطلق، حتى دون احتمالية أن يوجد أي شيء على الإطلاق، له اليد العليا؟ هل يمكن للمرء أن يقول شيئًا آخر غير حقيقة أن «اللاشيء» الذي أصبح «شيئًا»، كان جزءًا من «شيء» آخر ينطوي دائمًا على احتمالية وجودنا أو أي وجود آخر؟

إنني أتخذُ في هذا الكتاب موقفًا غير جاد إلى حدٍّ ما تجاه هذا الشاغل، لأنني لا أعتقد أنه يضيف أي شيء إلى النقاش المثمر: «ما الأسئلة التي تتمتع باحتمالية الإجابة عنها فعلًا بفحص الكون؟» لقد أسقطتُ هذه القضية الفلسفية، ليس لأني أعتقد أن هؤلاء الناس المنشغلين بجوانب محدَّدة منها لا يبذلون ما في وسعهم لتحديد الأسئلة المنطقية، وإنما لأنني قد أسقطت هذا الجانب من الفلسفة هنا لاعتقادي أنه يتجاوز الأسئلة المهمة والقابلة للإجابة حقًا، والتي ترتبط بأصل الكون وتطوره. بلا شك، سوف يرى البعض أن هذه حدودي، وربما هي كذلك. لكن يجب أن يقرأ الناس هذا الكتاب في هذا السياق، إنني لا أدعي الإجابة عن أي أسئلة لا يستطيع العلم الإجابة عنها، وحاولت بحذر شديد، ضمن النص، أن أعرِّف ماذا أعني بـ «لا شيء» و «شيء ما». وإذا كانت هذه التعريفات تختلف عن تلك التي تَوَد أن تتبناها، فليكن. اكتب

كتابك. لكن لا تسقط المغامرة الإنسانية الرائعة التي هي العلم المعاصر؛ لأنها لا تقدم لك العزاء.

والآن، نأتي إلى الأخبار الجيدة! في الصيف الماضي، التفَّ الفيزيائيون حول العالم، وأنا ضمنهم، حول شاشات الكمبيوتر في ساعات غير مألوفة للغاية لمشاهدة العلماء عبر بثٍّ مباشر، في مصادم هادرون الضخم LHC، الذي يقع خارج جنيف في سويسرا، ليعلنوا أنهم عثروا على أهم قطعة مفقودة في لعبة تركيب الصور المقطعة، أي الطبيعة: جزيء هيجز Higgs particle (أو بوزون هيجز).

لقد اقتُرح جزيء هيجز، منذ خمسين عامًا مضت، ليضفي الاتساق بين التوقعات النظرية والملاحظات التجريبية في فيزياء الجزيئات الأوليّة elementary particle physics، وهكذا توَّج اكتشافه واحدة من أكثر المغامرات الفكرية الرائعة في التاريخ البشري- المغامرة التي يجب أن يلم بها كل من يهتم بالمعرفة- بل إنه أضفى مزيدًا من الروعة على المصادفة المتزعزعة، التي سمحت بتكوُّن وجودنا من لا شيء، موضوع هذا الكتاب. يثبت الاكتشاف أكثر أن كوننا المرئي مجرد قمة جبل جليدي كوني هائل وأن ذلك الفضاء الفارغ كما يظهر، يمكن أن يمنح بذور وجودنا.

إن توقُّع وجود جزيء هيجز صاحَبَه ثورة رائعة غيَّرت تمامًا من فهمنا لفيزياء الجزيء، في الجزء الأخير من القرن العشرين. لقد فهمنا منذ خمسين عامًا فقط -على الرغم من التطورات العظيمة التي شهدتها الفيزياء في نصف القرن الماضي- قوة واحدة فقط من القوى الأربع الرئيسة للطبيعة؛ الكهرومغناطيسية، كنظرية كمية quantum theory كاملة الاتساق. على أي حال، وفي عقد واحد تالٍ، لم تستسلم ثلاث قوى من الأربع المعروفة إلى أبحاثنا فحسب، بل كشفنا كذلك عن

وحدة رائعة جديدة في الطبيعة؛ لقد وجدنا أن كل القوى المعروفة يمكن وصفها باستخدام إطار رياضي واحد؛ وأن قوتين من القوى: الكهرومغناطيسية والقوة الواهنة (التي تحكم التفاعلات النووية التي تقوّي الشمس)، هما تجليان مختلفان لقوى خفية واحدة.

كيف يمكن أن تتصل هاتان القوتان معًا؟ في النهاية، لا يتمتع الفوتون- الجزيء الذي ينقل الكهرومغناطيسية- بكتلة، بينما تتمتع الجزيئات التي تنقل القوى الواهنة بكتلة كبيرة؛ تقريبًا أثقل مائة مرة من كتلة الجزيئات التي تصنع النوى الذري؛ وهي الحقيقة التي تفسر سبب ضعف القوى الواهنة.

بيَّن الفيزيائي البريطاني پيتر هيجز Peter Higgs وآخرون عديدون أنه إذا كان هناك حقل خلفي غير مرئي آخر (حقل هيجز) يتخلَّل كل الفضاء، فإن الجزيئات التي تنقل قوة ما مثل الكهرومغناطيسية تستطيع أن تتفاعل مع هذا الحقل، حيث تلقى مقاومة مؤثِّرة لحركتها وتبطئ منها، مثل السبَّاح الذي يتحرَّك في دبس لزج. ونتيجة لذلك، يمكن أن تسلك هذه الجزيئات سلوكيات كأنها مواد ثقيلة؛ كأنها تتمتع بكتلة. لقد طبَّق الفيزيائي ستيڤن وينبرج Steven Weinberg (وإلى حدٍّ ما الراحل أبدوس سلام Abdus Salam) هذه الفكرة على نموذج للطاقة الواهنة والكهرومغناطيسية، اقترحه شيلدون ل. جلاشو .Sheldon L Glashow، وجاءت النتيجة مطابقة تمامًا.

يمكن مَدّ هذه الفكرة إلى بقية الجزيئات في الطبيعة، من بينها الجزيئات التي تصنع البروتونات والنيوترونات، إلى جانب الجزيئات الأولية مثل الإلكترونات، التي تندمج جميعها لتكوِّن الذرات في أجسادنا. إذا تفاعل جزيء ما بقوة أكبر مع الحقل الخلفي، انتهت به الحال إلى التصرف على أنه جزيء أثقل. وإذا كانت التفاعلات أضعف،

فإن الجزيء يتصرف كأنه أخف. أما إذا لم يتفاعل الجزيء إطلاقًا، فإنه يظل بلا كتلة.

لو أن هناك شيئًا ما جيدًا للغاية، لدرجة أنه لا يمكن أن يكون حقيقيًا، فإنه كذلك بالفعل. إن معجزة الكتلة؛ فعليًا في وجودنا نفسه (لأنه لولا هيجز، لم يكن ليوجد ثمَّة نجوم أو كواكب أو ناس) ممكنة على ما يبدو بسبب حقل خلفي مختبئ، يبدو أن تأثيره الوحيد يكمن في أن يتيح للعالم أن يبدو على النحو الذي يبدو به.

لكن الاعتماد على المعجزات غير المرئية هو مادة الدين وليس العلم. ولكي يتأكَّد الفيزيائيون من أن هذه المصادفة الرائعة حقيقية، فإنهم يعتمدون على وجه آخر من عالم الكَمّ. إذ يرتبط بكل حقل خلفي جزيء، وإذا تخيَّرت نقطة في الفضاء وضربتها بقوة كافية، يمكنك أن تصفع جزيئات حقيقية. إن الخدعة هي أن تضربها بما يكفي من قوة في حجم صغير. وهذه هي العقدة. بعد خمسين عامًا من المحاولات، من بينها محاولة فاشلة في الولايات المتحدة لبناء معجِّل لاختبار هذه الأفكار، لم تظهر أي علامة على وجود جزيء هيجز. في الحقيقة كنتُ أراهن على فشلها، بما أن حياة مهنية كاملة في ممارسة الفيزياء النظرية علَّمتني أن الطبيعة تتمتع بخيال أخصب كثيرًا من خيالنا.

حتى يوليو 2102، عندما أُعلن عن اكتشاف بوزون هيجز.

ربما لن ينجم عن اكتشاف بوزون هيجز محمصة أفضل أو سيارة أسرع. لكنه يمنحنا احتفالًا رائعًا بقدرة العقل البشري على الكشف عن أسرار الطبيعة وبالتكنولوجيا التي شيَّدناها للسيطرة على هذه الأسرار. إن ما يختبئ في ما يبدو مثل فضاء فارغ -حقًّا، مثل لا شيء- يبدو أنه العناصر الدقيقة ذاتها التي تسمح بوجودنا.

يثبت اكتشاف حقل هيجز -بشكل أكبر- صحة العديد من الأفكار التي أناقشها في هذا الكتاب. وترتكن فكرة أن الكون المبكر ذاته عبر فترة من التمدُّد بسرعة مفرطة أسرع من الضوء، تسمَّى التضخُّم، والتي أنتجت في الأساس كل الفضاء والمادة في الكون المرئي من لا شيء تقريبًا، تستند بقوة إلى احتمالية أن هناك حقلًا آخر، مثل حقل هيجز، اكتشفناه العام الماضي، قد مارس نفوذًا كبيرًا في الأزمنة الأولى.

يثير وجود حقل هيجز، الذي يتخلَّل كل الفضاء، اليوم عدة أسئلة مهمة، أبرزها: «ما الشروط التي توافرت في الكون المبكِّر، وأدّت إلى مثل هذ المصادفة الكونية؟»، وأيضًا: «لماذا يتمتَّع الحقل بهذه القيمة التي تم قياسها؟»، وسؤال ثالث: «هل كان يمكن أن تكون مختلفة؟»، ورابع: «هل كان يمكن أن تنتج قوانين الفيزياء، لو أن الأحوال المبدئية كانت مختلفة، كونًا من دون مادة كما نراه اليوم؟». هذا بالضبط نوع الأسئلة التي أناقشها قبيل نهاية هذا الكتاب.

أيًا كانت الحلول النهائية لتلك الألغاز، والألغاز الأخرى التي سوف أناقشها في هذا الكتاب، فقد غيَّرت اكتشافاتنا في الفيزياء الأساسية وعلم الفلك عبر الأربعين عامًا الماضية من فهمنا لمكاننا في الفضاء بطرق عميقة؛ ليس بتغيير الأسئلة التي نطرحها فحسب، وإنما كذلك بتغيير الهدف ذاته من الأسئلة. ذلك حسبما أريد أن أؤكد مرَّة أخرى، ربما يكون الإرث الأعظم للعلم المعاصر، إرثًا يتشارك مع الموسيقى العظيمة والأدب العظيم والفن العظيم؛ إرثًا لا بد من التشارك فيه على نطاق أوسع.

مقدمة

«حلمٌ أم كابوس، علينا أن نعيش تجربتنا كما هي، وعلينا أن نعيشها يقظين. نحن نعيش في عالم يتخلله العلم أعمق وأعمق؛ عالم كلّي وحقيقي على السواء. وانحيازنا لطرف دون الآخر لن يحوّله -ببساطة- إلى لعبة».

جاكوب برونوسكي[1]

من المفيد في سياق الصراحة التامة أن أعترف من البداية، بأنني لا أحمل تعاطفًا تجاه قناعة أن الخلق يتطلّب خالقًا، وهي القناعة التي تمثّل جوهر كل أديان وديانات العالم. تنبثق يوميًا أشياء جميلة وإعجازية فجأة من ندف ثلج في صباح شتوي بارد، إلى قوس قزح نابض بالحيوية والحياة بعد مطر صيفي في ظهيرة متأخرة. ومع ذلك لم يقترح أي شخص آخر غير المتدينين الأصوليين بأن كل، وأي، شيء من هذا

---

(1) Jacob Bronowski (1908- 1974) عالم رياضيات وبيولوجي ومؤرخ للعلم، ومؤلف مسرحي وشاعر ومخترع، من أهم كتبه التي ترجمت إلى العربية: ارتقاء الإنسان، The Ascent of Man

القبيل مخلوق قصدًا من قِبل ذكاء إلهي بحب ومثابرة، والأهم، لغاية ما. في الحقيقة، يشكّك العديد من الناس العاديين والعلماء في قدرتنا على شرح كيف يمكن أن تظهر ندف الثلج وقوس قزح عفويًا، بناءً على قوانين فيزيائية بسيطة ودقيقة وجميلة في آن.

وبالطبع، يمكن أن يُسأل الشخص، وهذا ما يفعله الكثيرون: «من أين تأتي قوانين الفيزياء؟». إلى جانب سؤال آخر أكثر إيحاءً: «مَنْ خلق تلك القوانين؟». حتى إذا استطاع الشخص أن يجيب عن التساؤل الأول، ففي الغالب يسأل السائل عندئذ: «لكن من أين جاء هذا؟». أو «مَنْ خلق هذا؟»... وهكذا.

في النهاية، ينساق عديد من الناس، ذوي التفكير العميق، إلى الحاجة الواضحة لإيجاد علة أولى، مثل: أفلاطون والأكويني، أو الكنيسة الكاثولوكية الرومانية المعاصرة، ولذلك ينساقون إلى افتراض أن هناك كينونة إلهية ما: خالق لكل ما يوجد، وسوف يوجد كل هذا للأبد، شخص ما أو شيء ما أبديّ، وفي كل مكان.

ومع ذلك، يترك الحديث عن العلة الأولى السؤال مطروحًا: «من خلق الخالق؟». في النهاية، ما الفرق بين الجدال من أجل خالق موجود أبدي، في مقابل كون موجود أبدي من دون خالق؟

تذكّرني هذه الجدالات دومًا بالقصة الشهيرة عن خبير يلقي محاضرة عن أصل الكون (يشار إليه في بعض الأحيان بأنه برتراند راسل، وفي أحيان أخرى بأنه ويليام جيمس) تحدَّته امرأة من الذين يؤمنون بأن ثمَّة سلحفاة عملاقة تحمل العالم، تحملها سلحفاة أخرى، ثم أخرى... مع مزيد من السلاحف «إلى ما لانهاية!». ارتداد لا نهائي لقوة خلاقة ما تولِّد نفسها، بل إن البعض يتخيلون قوة أعظم من السلاحف، لا تقرّبنا إطلاقًا من ذلك الذي كان السبب في ميلاد الكون. ومع ذلك، هذا المجاز من

الارتداد اللانهائي يمكن أن يكون أقرب إلى الصيرورة الحقيقية، التي تشكَّل بها الكون، أكثر مما يمكن أن يفسِّره لنا وجود خالق واحد.

إن تجاهل السؤال، بحجة أن المسؤولية تقع على الله يجعل الأمر يبدو على أنه تحاشٍ لمسألة الارتداد اللانهائي، ولكنني هنا أحتجّ بتعويذتي: إن الكون هو ما هو عليه، سواء أحببنا أم لم نحب. لا يعتمد وجود خالق أو عدم وجوده على رغباتنا. وقد يبدو عالمًا من دون خالق أو غاية قاسيًا وبلا معنى، لكن هذا وحده لا يتطلَّب أن يوجد الله حقًا.

وبصورة مماثلة، قد لا تستطيع عقولنا استيعاب اللانهائيات بسهولة (على الرغم من أن الرياضيات، التي أنتجتها عقولنا، تتعامل معها بجمال أكثر) لكن هذا لا يخبرنا أن اللانهائيات غير موجودة، وقد يكون كوننا لانهائيًا مكانيًا أو إلى حدٍّ مؤقت؛ أو كما صاغها ريتشارد فاينمان: «ربما تكون قوانين الفيزياء مثل البصلة ذات الطبقات اللانهائية، مع قوانين جديدة، تصبح إجرائية أثناء تفحّصنا مقاييس جديدة. ببساطة نحن لا نعرف!».

لأكثر من ألفي عام، ظل سؤال: «لماذا هناك شيء ما بدلًا من لا شيء؟». تحدِّيًا لافتراضية مؤدّاها أن كوننا - الذي يحوي التعقيد الواسع من النجوم والمَجَرّات والبشر، ومن يدرى ماذا يحوي أيضًا- يمكن أن يكون قد انبثق من دون تصميم أو نية أو غاية. وبينما هذا السؤال يؤطَّر على أنه سؤال فلسفي أو ديني، فهو أولًا وأخيرًا سؤال عن العالم الطبيعي، فيصبح بالتالي المكان المناسب لاختباره وحله أولًا وأخيرًا هو العِلم.

إن الغاية من هذا الكتاب بسيطة؛ إذ أريد أن أبيِّن كيف أن العِلم المعاصر، على عدة نواحٍ، يمكن أن يتناول -بصورة مستمرة- سؤال: «لماذا هناك شيء ما بدلًا من لا شيء؟». تطرح الإجابات التي حصلنا عليها- من الملاحظات المعملية الجميلة إلى حدٍّ مدهش، ومن

النظريات التي تشكِّل أساس الفيزياء المعاصرة، أن الحصول على شيء ما من لا شيء ليس مشكلة. وبالفعل، ربما يكون ضروريًا لكي يصبح الكون موجودًا، أن يخرج شيء ما من لا شيء. علاوة على ذلك، تطرح كل العلامات أن كوننا قد يكون انبثق بهذه الكيفية.

إني أبرزُ كلمة قد هنا، لأنناْ ربما لا نحصل أبدًا على بيانات تجريبية كافية لحل هذا السؤال حلًّا واضحًا لا لبس فيه، ولكن حقيقة «أن الكون من لا شيء» حقيقة دالة على الأقل بالنسبة لي.

قبل أن أمضي إلى أبعد من ذلك، أريد أن أكرِّس عدة كلمات لمفهوم «لا شيء»؛ وهو المفهوم، الذي سوف أعود إليه مطوَّلًا في ما بعد. وبما أنني عرفت، حين كنت أناقش هذا السؤال في المنتديات العامة، أن لا شيء يزعج الفلاسفة واللاهوتيين، الذين يختلفون معي، أكثر من مفهوم «لا شيء» الذي، بصفتي عالمًا، أفهمه حق الفهم. (يغريني الموقف هنا بأن أرد بحجّة مماثلة بأن اللاهوتيين لا يفقهون شيئًا).

يصرُّون على أن مفهوم «لا شيء» لا علاقة له بما أناقشه. إن اللاشيء هو «اللاوجود» بمعنى ما غامض ومبهم. وهذا يذكّرني بالجهود الذي بذلتها لتعريف «التصميم الذكي» حين بدأت الجدل مع المؤمنين بنظرية أو قصة الخلق؛ حيث أصبح واضحًا نتيجة لهذا أنه ليس هناك تعريف واضح، باستثناء أن تعرِّفه بتعريف ما عداه. إن «التصميم الذكي» هو ببساطة مظلة توحَّد تحتها المعارضون لنظرية النشوء والتطور. وبطريقة مماثلة، يعرِّف بعض الفلاسفة والعديد من اللاهوتيين الـ«لا شيء» ويعيدون تعريفه على أنه ليس أيًا من الأوصاف التي يصفه بها العلماء في الوقت الحاضر.

هنا، في رأيي، يكمن الإفلاس الفكري لكثير من اللاهوتيين ولبعض من الفلاسفة المعاصرين؛ ذلك أن «اللاشيء» هو فيزيقي في كل كسرة

منه مثل «شيء ما»، خاصة إذا تم تعريفه بأنه «غياب شيء ما». ومن ثَمَّ يتوجَّب علينا إذن أن نفهم بدقة الطبيعة الفيزيائية لكل من الكميتين. ومن دون العلم، يصبح أي تعريف مجرَّد كلمات.

منذ قرن مضى، لو وصف شخص ما «اللاشيء» على أنه إشارة للفضاء الفارغ، الذي لا يمتلك أي كيان مادي حقيقي، لثار جدل صغير. لكن، علمتنا نتائج القرن الماضي أن الفضاء الفارغ في الحقيقة يختلف تمامًا عن اللاشيء الذي لم تنتهك حرمته، والذي افترضناه قبل أن نعلم أكثر عن الكيفية التي تعمل بها الطبيعة. لقد أخبرني النقاد الدينيون أنني لا أستطيع أن أشير إلى الفضاء الفارغ بـ«لا شيء»، بل الأفضل أن أقول: «خواء كَمّي quantum vacuum» لكي أميِّزه عن «اللاشيء» المثالي للفلاسفة واللاهوتيين.

فليكن.. لكن ماذا لو أردنا إذن أن نصف «اللاشيء» بغياب الفضاء والزمن ذاتيهما؟ هل هذا كافٍ؟ مرة ثانية، أعتقد أنه كان يمكن ذلك في وقت ما مضى. لكننا تعلمنا، كما سأصف، أن المكان والزمان يمكن أن يظهرا عفويًا، فيقولون لنا الآن أن حتى هذا «اللاشيء» ليس حقًا اللاشيء المعني والمهم. ويقولون لنا إن الهروب من اللاشيء «الحقيقي» يتطلَّب يدًا إلهية، وبالتالي يعرف اللاشيء بقرار رسمي على أنه «ذلك الذي منه يستطيع الله وحده أن يخلق شيئًا ما».

اقترح عديد من الأفراد الذين ناقشت معهم هذه القضية أن لو ثمَّة «احتمالًا» لخلق شيء ما، فهذا إذن ليس حالة لاشيئية حقيقية. وبما أن هناك قوانين طبيعة، تطرح هذه الاحتمالية، فهذا يأخذنا بعيدًا عن العالم الحقيقي للاوجود. لكن، حينذاك، حين أطرح أن القوانين ذاتها انبثقت عفويًا كذلك على الأرجح، كما سأصف، فهذا ليس كافيًا؛ لأنه أيًا كانت

المنظومة، التي يمكن أن تكون قد ظهرت فيها القوانين، فإنها ليست اللاشيئية الحقيقية.

هل تصلح السلاحف على طول المدى؟ لا أعتقد هذا. ولكن السلاحف محبَّبة لدى الناس لأن العلم يغيِّر حقل اللعب بطرق تشعرهم بعدم الراحة. وبالطبع، هذه إحُدى غايات العلم (ربما قال شخص ما «الفلسفة الطبيعية» في العصور السقراطية). إن فقد الشعور بالراحة يعني أننا على عتبة رؤى جديدة. وبالتأكيد، فإن الاحتكام إلى «الله» لتجنُّب الأسئلة العميقة مثل «كيف؟» هو محض كسل فكري. في النهاية، لو أنه لا يوجد احتمال للخلق، فلم يكن الله ليخلق أي شيء. إن تأكيد أن تجنب الارتداد اللانهائي المحتمل سببه أن الله يوجد خارج الطبيعة، ولذلك، فإن «احتمال» أن الوجود نفسه ليس جزءًا من اللاشيئية التي انبثق منها الوجود، سيكون من باب الخزعبلات الدلالية.

إن هدفي الحقيقي هنا هو أن أعرض أن العلم -في الحقيقة- غيَّر حقل اللعب، فحلت محل تلك المجادلات التجريدية والعقيمة عن طبيعة اللاشيء جهود مفيدة وإجرائية، تشرح كيف يمكن أن يكون نشأ كوننا حقًا، كما أنني سأوضِّح أيضًا التطبيقات أو التضمينات المحتملة لذلك بالنسبة لخطتنا الراهنة ومستقبلنا.

إن هذا يعكس حقيقة مهمة جدًا، حين تكون المسألة هي فهم كيفية نشأة كوننا وتطوره، يصبح الدين وعلم اللاهوت -على أفضل الأحوال- المجالين غير المناسبين لهذا. فهما يزيدان الطين بلَّة، بالتركيز، على سبيل المثال، على أسئلة عن اللاشيئية دون أن يقدما أي تعريف للمصطلح يرتكز إلى دليل إمبريقي. وفي حين أننا لم نفهم أصل كوننا بشكل تام، فليس لدينا سبب يجعلنا نتوقع أن تتغير الأشياء في هذا السياق. بالإضافة إلى ذلك فإنني أتوقع أن يكون هذا حقيقيًا في النهاية

بالنسبة لفهمنا لمناطق يعتبرها الدين أرضه الخاصة به، مثل الأخلاق البشرية.

كان العلم مؤثرًا في تعميق فهمنا للطبيعة؛ لأن السلوكيات العلمية تتأسَّس على ثلاثة مبادئ رئيسة: (1) اقتفاء الدليل أينما كان يقود؛ (2) لو أن لدى الشخص نظرية، فهو بحاجة إلى أن يحاول إثبات خطئها بقدر ما يحاول إثبات صحتها؛ (3) إن الفيصل النهائي للحقيقة هو التجربة، وليس الارتياح الذي يستقيه الشخص من المعتقدات السابقة، أو الجمال أو الحُسن اللذان يعزوهما إلى النماذج النظرية.

إن نتائج التجارب التي سوف أشرحها هنا ليست دقيقة فقط، بل هي غير متوقَّعة كذلك. إن النسيج الذي يغزله العلم في شرح نشأة الكون وتطوره أكثر غنىً وروعة من أي صور إلهامية أو أي قصص خيالية يختلقها البشر. تبتكر الطبيعة مفاجآت تتجاوز كثيرًا ما يمكن أن يولِّده الخيال البشري.

خلال العقدين الماضيين، غيرت سلسلة مثيرة من التطورات -في علم الفلك، ونظرية الجزيء والجاذبية- الطريقة التي نرى بها الكون تغييرًا تامًّا، بتضمينات مدهشة وعميقة لفهمنا عن أصل الكون ومستقبله كذلك. ومن ثمَّ فإن لا شيء يمكن أن يكون أكثر إثارة من الكتابة حوله، لو تجاوزت عن اللعب بالكلمات.

لا ينبع الإلهام الحقيقي وراء تأليف هذا الكتاب من رغبة في طرد الأساطير أو مهاجمة الاعتقاد، بقدر ما ينبع من رغبتي في الاحتفال بالمعرفة، وإلى جانبها الكون المدهش والفاتن تمامًا الذي اتضح أن كوننا يتصف بهما.

سوف يأخذنا بحثنا في رحلة مجهدة، إلى أبعد ما يمكن أن نصل إليه في كوننا المتمدِّد، من اللحظات الأولى للانفجار الكبير حتى المستقبل

البعيد، وقد تشمل أكثر الاكتشافات إثارة للدهشة في الفيزياء خلال القرن الماضي.

وبالفعل، الدافع المباشر وراء كتابة هذا الكتاب الآن، هو اكتشاف عميق عن الكون، قاد بحثي العلمي لأكثر من عقود ثلاثة ماضية، ونتج عنه استنتاج مدهش أن معظم الطاقة في الكون تسكن شكلا ما غامضًا، عصيًا على الشرح، يتخلَّل الآن كل الفضاء الفارغ. ولن يكون استهانة مني أن أقول إن هذا الاكتشاف غيَّر حقل اللعب لعلم الفلك المعاصر.

أولًا، نتج عن هذا الاكتشاف دعم جديد رائع لفكرة أن كوننا انبثق -تحديدًا- من لا شيء، كما أثار تفكيرنا لنفكِّر مرة ثانية في كل من مجموعة الفرضيات عن الصيرورات التي قد تحكم تطور الكون، وأخيرًا، سؤال عمَّا إذا كانت قوانين الطبيعة ذاتها أساسية حقًا أم لا. وكل نتيجة من هذه النتائج، بدورها، تميل الآن إلى أن تقلل من أهمية سؤال «لماذا هناك شيء ما بدلًا من لا شيء؟»، إن لم تكن تجعله يبدو سطحيًا، كما آمُلُ في شرح هذا.

يعود الميلاد المباشر لهذا الكتاب إلى أكتوبر 2009، حين كنت ألقي محاضرة في لوس أنجلس بالعنوان نفسه. ولدهشتي الكبرى، أصبح فيديو المحاضرة الذي رُفع على اليوتيوب، والذي أتاحته مؤسَّسة ريتشارد دوكنز، مثيرًا جدًا، بأكثر من 1.5 مليون شاهدوه حتى هذه اللحظة، ويستعين كل من الملحدين والمؤمنين بنسخ متعدِّدة لأجزاء منه في محاوراتهم.

وبسبب الاهتمام الواضح بهذا الموضوع، ونتيجة كذلك لبعض التعليقات المثيرة للارتباك على الويب وفي وسائل إعلامية متعدِّدة بعد محاضرتي، أعتقد أن المسألة تستحق تفسيرًا أكثر كمالًا للأفكار، التي عبَّرتُ عنها حينذاك، وهذا ما أفعله في هذا الكتاب. هنا، يمكنني أن أنتهز

الفرصة كذلك فأضيف إلى المحاورات التي قدمتها في ذلك الوقت، والتي ركزت في أغلبها على الثورات الحديثة التي شهدها علم الفلك، والتي غيَّرت صورتنا عن الكون، والتي صاحَبَها اكتشاف الطاقة وهندسة الفضاء، التي أناقشها في الثلثين الأوليين من هذا الكتاب.

في الفترة الفاصلة، فكَّرت أكثر في الحوادث السابقة والأفكار التي شكلت طرحي؛ لقد ناقشتها مع آخرين، تفاعلوا مع هذا الطرح بنوع ما من الحماسة التي أصابتني بعدوى، وجعلتني أفحص بعمق أكبر تأثير التطورات في فيزياء الجزيء، خصوصًا، على مسألة أصل الكون وطبيعته. وأخيرًا، عرضت بعضًا من أطروحاتي على هؤلاء الذين يعارضونها بحرارة، وهذا منَحَني بعض الرؤية العميقة التي ساعدتني على تطوير أطروحاتي أكثر.

وبينما كنت أشرح تفصيليًا الأفكار التي حاولت في النهاية شرحها في هذا الكتاب، استفدت استفادة هائلة من مناقشات، أجريتها مع بعض من أكثر زملائي الفيزيائيين عمقًا في الفكر. أريد -بشكل خاص- أن أشكر آلان جوث Alan Guth وفرانك ويلزك Frank Wilczek، للوقت الذي منحاني إياه لتوسيع المناقشات وتبادل الرسائل معي؛ إذ أزالا بعض الارتباكات من عقلي وعضدوا تفسيراتي في بعض الحالات.

وإثر تشجيع ليسلي ميريدث Leslie Meredith ودومينيك أنفوسو Dominick Anfuso في سيمون وسشستر Simon & Schuster على إمكانية وضع كتاب في هذا الموضوع، اتصلت حينئذ بصديقي كريستوفر هيتشنز Christopher Hitchens، الذي بالإضافة إلى أنه أكثر الأشخاص الذين عرفتهم علمًا وذكاءً، استخدم هو نفسه بعضًا من أطروحاتي في محاضرتي، في السلسلة الرائعة من محاورات في العلم والدين. فكريستوفر على الرغم من صحته العليلة، وافق كريمًا وشجاعًا

على أن يكتب تذييلًا. وسوف أظل ممتنًا دائمًا لصداقته وثقته. طغت علَّة كريستوفر عليه في النهاية إلى حدٍّ أصبح معه إكمال كتابة التذييل أمرًا محالًا، على الرغم من جهوده القصوى، ومات قبل صدور الطبعة الأولى من هذا الكتاب مباشرة. إنني أفتقد كريستوفر، وأرى أن العالم أكثر خواءً من دونه. ومع ذلك، فمن بينْ كوكبة من الأصدقاء الرائعين، وافق في وقت مبكر صديقي اللامع والمفوَّه العالم الشهير والكاتب ريتشارد دوكنز على كتابة تذييل. وبعد أن انتهيت من مسوَّدتي الأولى، شرع حينئذ في إنتاج شيء ما سريع ومكتمل كان جماله ووضوحه صاعقين، وغير مغرورين في الوقت ذاته. سوف أظل أشعر بالهيبة والانبهار، تجاه كريستوفر وريتشارد وتجاه كل من ذكرت، شكري الجزيل لدعمهم وتشجيعهم، وتحفيزي على أن أعود مرة أخرى إلى كمبيوتري وأكتب.

الفصل الأول

قصة لغز الكون

البدايات

«إن اللغز الأوليّ الذي يلازم أية رحلة، هو كيف يصل المسافر إلى نقطة البداية، في المقام الأول؟».

لويز بوجان[1]. رحلة حول غرفتي

كانت ليلة مظلمة وعاصفة

أنهى ألبرت آينشتاين Albert Einstien في أوائل عام 1916 عمل حياته الأعظم، الذي استغرق منه عقدًا كاملًا وصراعًا فكريًا حادًا، لكي يستنبط نظرية جديدة في الجاذبية، سمّاها النظرية العامة في النسبية. ومع ذلك، لم تكن نظرية جديدة في الجاذبية فحسب، بل كانت نظرية جديدة

(1) Louise Bogan شاعرة أمريكية (11 أغسطس 1897 - 4 فبراير 1970).

في الفراغ والزمان كذلك. لقد كانت النظرية العلمية الأولى التي تستطيع أن تتجاوز في شرحها كيف تتحرَّك الأشياء عبر الكون فقط، إلى شرح كيف يمكن أن تكون نشأة الكون نفسه كذلك.

وعلى أي حال، كانت هناك عقدة مؤقتة واحدة فقط؛ حين بدأ آينشتاين في تطبيق نظريته، لكي يصف الكون إجمالًا، اتضح أن النظرية لا تشرح -على ما يبدو- الكون الذي نعيش فيه.

الآن، وبعد مرور مائة عام تقريبًا، من الصعب أن نقدِّر حق تقدير كم تغيَّر تصوّرنا عن الكون، في مدة زمنية تعادل عمر حياة إنسان واحد، فبالنسبة إلى المجتمع العلمي في عام 1917، كان الكون استاتيكيًا وأبديًا، ويتكوَّن من مجرَّة واحدة، هي درب التبانة Milky Way التي نعيش فيها، ويحيطها فضاء واسع ولانهائي ومظلم وفارغ. في النهاية، هذا ما يمكن أن تظنه، حين تتطلَّع نحو السماء في الليل بعينيك، أو بتليسكوب صغير؛ وفي ذلك الوقت لم يكن هناك سبب للشك في هذا.

إن الجاذبية، في نظرية آينشتاين، كما في نظرية الجاذبية العامة لنيوتن Newton من قبل، هي قوة جاذبة صرف بين كل الأجسام. وهذا يعني أن من المستحيل أن تظل مجموعة من الكتل ساكنة في الفضاء إلى الأبد. وسوف يؤدي ذلك التجاذب المتبادل بتأثير قانون الجاذبية gravitational attraction أو التجاذب الثقلي إلى أن تهوي نحو الداخل[1]، في عدم توافق واضح، مع الاعتقاد بحقيقة أن الكون استاتيكي.

لقد كانت ضربة قوية لآينشتاين أكثر مما تتخيَّل، أن لا تتسق النسبية العامة مع الصورة السائدة حينذاك عن الكون، وذلك، لأسباب أتاحت لي أن أتخلَّى عن أسطورة طالما أزعجتني وطالما أحاطت بآينشتاين

---

(1) إلى مركزها- المترجم.

والنظرية النسبية. يسود اعتقاد عام بأن آينشتاين عمل في عزلة، في غرفة مغلقة لسنوات، حيث استخدم الفكر الخالص والعقل، وخرج بهذه النظرية الجميلة، بعيدًا عن الواقع (ربما مثل بعض علماء نظرية الأوتار String Theory هذه الأيام[1])، وعلى أي حال فإن ذلك بعيد عن الحقيقة تمامًا.

كانت التجارب والملاحظات العلمية المرشد الدائم لآينشتاين. فأثناء إجرائه العديد من «التجارب الفكرية» في ذهنه، وأثناء ما كان يكد جاهدًا لأكثر من عقد؛ تعلَّم رياضيات جديدة، وتتبع العديد من التوجيهات النظرية الزائفة، قبل أن يُنتج في النهاية نظرية جميلة رياضيّة حقًّا. ومع ذلك، فإن اللحظة الوحيدة الأهم في تأسيس علاقته الغرامية مع النسبية العامة، سببها الملاحظة العلمية أو الرصد. فخلال الأسابيع الأخيرة المحمومة التي كان يكمل فيها نظريته، وهو يتنافس مع الرياضي الألماني دافيد هيلبرت David Hilbert، استخدم معادلاته لحساب التوقُّع بما قد يبدو خلافًا لذلك، نتيجة فلكية غامضة: حركة بدارية[2] ضئيلة لـ «نقطة الذنب- Perihelion» (النقطة الأقرب لفلك سيَّار أو مذنَّب) في مدار كوكب عطارد حول الشمس.

---

(1) نظرية الأوتار أو نظرية الخيطية: نظرية تستخدم معادلات رياضية معقدة لشرح تركيب الكون. وتقوم على أن المادة مكونة من أوتار حلقية مفتوحة، وأخرى مغلقة متناهية في الصغر، لا سمك لها، من الطاقة، وهي في حالة من عدم الاستقرار الدائم، وفق تواترات مختلفة وأن هذه الأوتار تتذبذب وتتحدد وفقها طبيعة وخصائص الجسيمات الأكبر منها، مثل البروتون، والنيوترون والإلكترون. تحاول هذه النظرية أن تدخل في معادلاتها القوى الطبيعية الرئيسة: الجاذبية والكهرومغناطيسية، والقوى النووية، لتوحيدها في معادلة واحدة ونظرية واحدة، تسمى النظرية الفائقة.

(2) هي حركة دائرية متغيرة حول محور يسمى محور البدارية.

لاحظ الفلكيون طويلًا أن مدار عطارد ينحرف قليلًا عن ذلك الذي توقَّعه نيوتن. وبدلًا من أن يكون قطعًا ناقصًا (إهليج) ellipse مثاليًا يعود إلى نفسه، تتغيَّر الحركة البدارية لمحور عطارد (بمعنى أن الكوكب لا يعود إلى النقطة نفسها بالضبط بعد أن يحقِّق مدارًا كاملًا، بل ينحرف تجاه القطع الناقص (الإهليج) قليلًا مع كل مدار، حيث يرسم في النهاية شكلًا ما شبيهًا بالشكل الحلزوني) بكمية متناهية الصغر، تساوي 43 ثانية قوسية (نحو 100/ 1 درجة[1]) كل قرن.

حين قام آينشتاين بحساباته عن المدار مستخدمًا نظريته العامة في النسبية، خرج الرقم صحيحًا تمامًا. وعلى حد قول كاتب السيرة الذاتية لآينشتاين أبراهام بايس Abraham Pais: «أعتقد أن هذا الاكتشاف كان، حتى تلك اللحظة، أقوى التجارب العاطفية في حياة آينشتاين العلمية، وربما في حياته كلها». زعم أنه شعر بخفقان في قلبه، كما لو أن «شيئًا ما انفجر» في الداخل. بعد شهر، حين كان يصف نظريته إلى صديق بأنها «جمال لا يضاهى»، كانت سعادته بالشكل الرياضي واضحة حقًا، لكن لم يكتب أحد شيئًا عن خفقان القلب.

من ناحية أخرى، لم يصمد اللاتوافق بين النسبية العامة، والملاحظة التي تتعلق باحتمالية استاتيكية الكون طويلًا. (على الرغم من أنها جعلت آينشتاين يقوم بتعديل على نظريته نعته فيما بعد بخطئه الأكبر. لكننا سوف نتحدَّث عن هذا فيما بعد). يعرف الجميع الآن (باستثناء مجالس تعليمية معينة في الولايات المتحدة) أن الكون ليس استاتيكيًا، لكنه يتمدَّد؛ وأن تمدد الكون بدأ في حرارة عالية لا تكاد تُصدَّق، في الانفجار الكبير الكثيف الذي وقع من 13.72 مليار عام تقريبًا. وعلى

---

(1) وحدة قياس رئيسية تستخدم للتعبير عن قيمة محددة، مثل درجة الحرارة أو موقع جرم سماوي في السماء، وهي جزء من 360 جزء من الدائرة.

قدم المساواة في الأهمية، نعرف أن مجرتنا واحدة من 400 مليار مجرة في الكون المرئي أو المرصود[1]. إننا نشبه راسمي الخرائط الأرضية الأوائل، إذ بدأنا توًّا في رسم خريطة كاملة للكون باستخدام مقاييس ضخمة. فليس من العجب إذن أن تشهد العقود الحديثة تغيرات ثورية في تصورنا عن الكون.

إن اكتشاف أن الكون ليس استاتيكيًا بل، على الأحرى، في حالة تمدد، له دلالة فلسفية ودينية عميقة؛ لأنه يطرح أن لكوننا بداية، تنطوي على خلق، والخلق يثير العواطف. وفي حين أن فكرة الانفجار الكبير استغرقت عدة عقود، بعد اكتشاف كوننا المتمدِّد في العام 1929 لكي تحقِّق التوكيد الإمبريقي المستقل، فقد بشَّر بها البابا پيوس الثاني عشر[2] Pope Pius XII في عام 1951 كدليل على صحة سِفر التكوين. فكما قال:

«يبدو أن علم العصر الحالي، بقفزة واحدة رجوعًا عبر القرون، قد نجح في أن يشهد على اللحظة الجليلة لـ (ليكن النور- Fiat Lux)، حين انفجر مع المادة من اللاشيء بحر النور والشعاع، وانفصلت العناصر، وتمخضت وكوَّنت ملايين المجرات. لهذا، مع هذه الصلابة التي تميِّز الأدلة الفيزيائية، أكَّد (العلم) على إمكان الكون، والاستنباط صحيح الأساس أيضًا في ما يخص العهد الذي خرج فيه العالم من بين يدي الخالق. من ثمَّ، كان الخلق. نقول: لهذا يوجد خالق. لهذا فإن الله موجود!».

إن القصة الكاملة مثيرة أكثر للاهتمام حقًا. في الحقيقة، إن الشخص الأول الذي قدَّم فكرة الانفجار الكبير كان قسًّا بلجيكيًا وفيزيائيًا اسمه

(1) ما يمكن رصده وملاحظته بالأجهزة العلمية.

(2) 2 مارس 1867- 9 أكتوبر 1958. تقلد البابوية من 2 مارس 1939 إلى موته في 1958.

جورج لوميتر Georges Lemaître. وكان هذا القس مزيجًا مدهشًا من المهارات.. بدأ دراسته مهندسًا، حيث كان جندي مدفعية في الحرب العالمية الأولى، ثم تحوَّل إلى دراسة الرياضيات أثناء دراسته الكهنوت في أوائل عشرينات القرن العشرين. ثم انتقل بعدها إلى علم دراسة الكون، حيث درس في البداية مع عالم الفيزياء الفلكية البريطاني الشهير، السير آرثر ستانلي إدنجتون Sir Arthur Stanley Eddington، قبل أن ينتقل إلى جامعة هارفارد، ويحصل أخيرًا على دكتوراه ثانية في الفيزياء من معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT.

في العام 1927، قبل أن يحصل على الدكتوراه الثانية، حلَّ لوميتر معادلات آينشتاين في النسبية العامة، وأوضح أن النظرية تتنبَّأ بكون لا استاتيكي؛ وتطرح -في الحقيقة- أن الكون الذي نعيش فيه يتمدَّد. بدت الفكرة غريبة جدًا حتى إن آينشتاين نفسه احتجَّ وقد احمرّ وجهه بتصريح مفاده: «معادلاتك الرياضية صحيحة، لكن فيزياءك فظيعة».

ومع ذلك، تقدَّم في عمله بقوة، وفي 1930 اقترح أيضًا أن كوننا المتمدِّد، بدأ فعليًا كنقطة متناهية الصغر سمَّاها «الذرة الأوليّة Primeal Atom»، وأن هذه البداية رمزت، في إشارة إلى سفر التكوين، إلى «يوم بلا أمس».

هكذا، كان أول شخص طرح فكرة الانفجار الكبير التي بشَّر بها البابا بويس قسًّا. قد يظن أي منًّا أن لوميتر فَتَنَهُ هذا التصديق البابوي، ولكنه كان قد نبذ ذهنيًا تصور أن لهذه النظرية العلمية عواقب دينية، ومحا في النهاية فقرة تعقيبية عن هذه المسألة، في مسوَّدة بحثه عام 1931 عن الانفجار الكبير.

أعلن لوميتر فيما بعد عن اعتراضه على اعتبار أن الانفجار الكبير برهانٌ على صحة سفر التكوين، الذي صرَّح به البابا في العام 1951

(على الأقل إدراكًا منه أنه في حالة إثبات عدم صحة نظريته، تصبح مزاعم الكاثوليك الرومان عن سفر التكوين محل نزاع). في هذا الوقت، تم انتخابه عضوًا في الأكاديمية البابوية للعلوم في الفاتيكان، التي أصبح رئيسها فيما بعد. وكما ذكر: «بقدر ما أفهم، تظل النظرية خارج نطاق أي مسألة ميتافيزيقية أو دينية». ولم يذكر البابا هذه المسألة بعد ذلك علنًا.

لدينا درس قيّم مؤداه، أنه كما أدرك لوميتر، سواء وقع الانفجار الكبير أو لم يقع، فهو مسألة علمية، وليست دينية. علاوة على ذلك، حتى لو وقع الانفجار الكبير (حيث كل الأدلة تدعم هذا تمامًا) فمن الممكن أن يختار الشخص تفسيرها بطرق مختلفة اعتمادًا على دينه أو معتقداته الميتافيزيقية. يمكن أن تختار أن ترى الانفجار الكبير على أنه دلالة على وجود الخالق، إذا استشعرت الحاجة إلى ذلك؛ أو أن تبرهن على أن رياضيات النسبية العامة تشرح تطور الكون رجوعًا إلى بدايته من دون تدخُّل إلهي. ولكن هذا التخمين الميتافيزيقي مستقل كلية عن المصداقية الفيزيائية للانفجار الكبير في حدِّ ذاته ولا يمت بصلة لفهمنا عنه. بالطبع، فإنه بينما نتجاوز الوجود المحض للكون المتمدِّد لكي نفهم المبادئ الفيزيائية التي يمكن أن تتعامل مع أصله، يمكن أن يلقي العلم مزيدًا من الضوء على هذا التخمين. وسوف أفترض جدلًا أنه يفعل هذا.

في كل الأحوال، لم يقنع لوميتر ولا البابا العالم العلمي أن الكون كان يتمدَّد. بالأحرى، كما هو الحال مع العلم الجيد، خرج الدليل من الملاحظات الدقيقة، أو الرصد الدقيق، الذي قام به في هذه الحالة إدوين هابل Edwin Hubble، الذي يظل يمنحني إيمانًا عميقًا بالبشرية لأنه بدأ حياته محاميًا ثم أصبح فلكيًا.

اكتشف هابل في أوائل العام 1925 اكتشافًا مهمًا مع التليسكوب هوكر الذي يبلغ قطره 100 إنش في مرصد ماونت ويلسون Mount

Wilson؛ كان أضخم تليسكوب في العالم حينئذ. (للمقارنة، نبني الآن تليسكوب يبلغ قطره عشرة أضعاف قطر التليسكوب هوكر، ومساحته مائة ضعف) وحتى ذلك الوقت، مع التليسكوب المتوفِّر حينذاك، استطاع الفلكيون أن يلاحظوا صورًا مبهمة لأجسام لم تكن ببساطة نجومًا في مَجَرَّتنا. سموها سُدُمْ[1] nebulae، التي هي الكلمة اللاتينية لـ «شيء مبهم» («سحابة» في الحقيقة). كما أنهم تناقشوا حول ما إذا كانت تلك الأجسام في مجرتنا أم خارجها.

وبما أن النظرة السائدة عن الكون في ذلك الوقت: «مَجَرَّتنا هي كل ما هو موجود»، سقط معظم الفلكيين في معسكر «مجرتنا»، الذي ترأسه الفلكي الشهير هارلو شاپلي Harlow Shapley من جامعة هارڤارد. انقطع شاپلي عن الكلية في السنة الخامسة ودرس بنفسه؛ ثم التحق في النهاية بجامعة پرنستون Princeton. قرَّر أن يدرس الفلك بأن يلتقط أول موضوع وجده في منهجه الدراسي. وفي عمل إبداعي أظهر شاپلي أن درب التبانة كانت أكثر ضخامة مما ظُنَّ سابقًا وأن الشمس لا تقع في مركزها بل في زاوية بعيدة لامركزية. مثَّل (شاپلي) قوة هائلة في علم الفلك ولهذا أثَّرت آراؤه عن طبيعة السُدُم تأثيرًا هائلًا.

في الأول من يناير عام 1925، نشر هابل نتائج دراسة، كان قد أعدها في عامين، عمَّا سمَّاه بالسُدم الحلزونية spiral nebulae، حيث استطاع أن يحدِّد نوعًا معينًا من نجم متغير variable star سمَّاها المتغيرات القيفاوية Cephied variable، في تلك السُدُم، التي تضم السديم المعروف الآن باسم أندروميدا[2].

---

(1) سدم جميع سديم، يأتي شرحها لاحقا.

(2) كوكبة سماوية شهيرة تشاهد في سماء الخريف، وجميع نجومها خافتة وتتكون من =

تم رصد المتغيرات القيفاوية لأول مرة في العام 1784، وهي نجوم متغيرة يتذبذب لمعانها عبر فترة زمنية منتظمة. في العام 1908، عُيِّنت سوان ليڤيت Swan Leavitt، غير المعروفة وغير المقدَّرة، والفلكية المستقبلية في مرصد كلية هارڤارد، في وظيفة «كمبيوتر» (كانت وظيفة «كمبيوتر» هي تعيين النساء لفهرسة لمعان النجوم التي سجَّلتها الصفائح الفوتوغرافية للمرصد؛ ولم يكن مسموحًا للنساء أن يستخدمن تليسكوبات المرصد في ذلك الحين). اكتشفت ليڤيت ابنة قس الكنيسة المسيحية الجمعية Congregational Church وسليلة البيلجرمز[1] Pilgrims ، اكتشافًا مذهلًا، وضَّحته أكثر في العام 1912: لاحظتُ وجود علاقة منتظمة بين لمعان النجوم القيفاوية وفترة تغيرها الزمنية. لذلك، لو استطاع أي شخص تحديد المسافة إلى إحدى النجوم القيفاوية المعروفة فترة تغير لمعانها الزمنية (التي حددت في 1913)، سوف يسمح بالتالي قياس النجوم القيفاوية الأخرى ذات الفترة الزمنية ذاتها بتحديد المسافة إلى تلك النجوم الأخرى!

بما أن اللمعان المرصود للنجوم يتناسب عكسيًّا مع مربع المسافة بين عين الناظر والنجم[2] (ينتشر الضوء بانتظام فوق مساحة كروية تزيد مساحتها مع زيادة مربع المسافة، ولذلك فإنه بما أن الضوء ينتشر فوق

= صفين من النجوم من المستويات الثاني والثالث والرابع، وتقع في السماء شمال كوكبة الفرس الاعظم وملاصقة له.

(1) المهاجرون الأوائل الذين استقروا في مستعمرة بليموث وأنشأوها، بماسوتشستس، الولايات المتحدة، وقد جاؤوا هربا من البيئة السياسية العنيفة في إنجلترا بسبب اعتناقهم الديني وانشقاقهم عن الكنيسة الإنجليزية.

(2) يمكن الرجوع إلى المراجع التي تتناول هذه النقطة تفصيليا تحت عنوان:
Brightness and surface brightness.

مساحة كروية أكبر، تتناسب كثافة الضوء المرصود عند أي نقطة عكسيًا مع المساحة الكروية)، شكّل تحديد المسافة إلى النجوم البعيدة دائمًا تحديًا رئيسًا لعلم الفلك. لقد أشعل اكتشاف ليڤيت ثورة في الحقل العلمي. (قال هابل، الذي ازدرى جائزة نوبل، إن عمل ليڤيت يستحق الجائزة. وعلى الرغم من أنه كان حريصًا على مصلحته الذاتية، ويبدو أنه قال ذلك من منطلق حقيقة أنه منافس طبيعي لها فقط على الجائزة لما حققه عمله الأخير من إنجاز مهم) بدأت المستندات فعليًا في الأكاديمية السويدية الملكية في ترشيح ليڤيت لجائزة نوبل في العام 1924 حين وصل إلى علم الأكاديمية أنها ماتت بالسرطان قبل ثلاث سنوات. كان هابل قد أصبح اسمًا معروفًا بقوة شخصيته ومهاراته في تحسين إمكانياته العلمية ومهارته كراصد observer، بينما، يعرف ليڤيت للأسف هواة المجال العلمي فقط.

كان هابل قادرًا على استخدام مقياس النجوم القيفاوية الذي توصَّل إليه وعلاقة اللمعان بالزمن التي توصَّلت إليها ليڤيت لإثبات -بشكل نهائي- أن النجوم القيفاوية في أندروميدا وسُدُم أخرى، بعيدة جدًا؛ فلا يمكن أن تكون داخل درب التبانة. اكتشف العلماء أن أندروميدا عالم آخر وحده؛ مجرَّة حلزونية أخرى تتطابق تقريبًا مع مجرتنا وواحدة من أكثر من 100 مليار مجرة، توجد، كما نعرف الآن، في كوننا المرئي أو المرصود. كانت النتيجة التي توصل إليها هابل واضحة بما يكفي حتى أن المجتمع الفلكي- بما فيه شاپلي، الذي أصبح مصادفة مدير مرصد كلية هارڤارد Harvard College Observatory، حيث أنجزت ليڤيت عملها الأساسي- وسرعان ما تم قبول حقيقة أن درب التبانة ليس كل ما يحيطنا. لقد امتد، فجأة، حجم الكون المعروف في قفزة واحدة بكمية أعظم مما كان عليه لقرون! تغيَّرت صفته كذلك، كما تغيَّر كل شيء آخر تقريبًا.

بعد هذا الاكتشاف المهول، كان يمكن أن يقنع هابل بأكاليل الغار التي حصل عليها، لكنه كان يسعى وراء صيد أثمن، أو-في هذه الحالة- وراء مجرات أكبر. استطاع هابل بقياس النجوم القيفاوية الأقل لمعانًا في المجرات البعيدة دومًا، أن يرسم خريطة للكون باستخدام مقاييس علمية هي الأضخم على الإطلاق. من ناحية أخرى، وعلى أي حال، بعد أن فعل هذا اكتشف شيئًا آخر كان أكثر إثارة للدهشة: **الكون يتمدَّد!**

توصَّل هابل إلى استنتاجه هذا بمقارنة المسافات للمجرات، التي قاسها بمجموعة مختلفة من المقاييس من فلكي أمريكي آخر هو ڤيستو سليفر Vesto Slipher، الذي قاس طيف الضوء الصادر من تلك المجرات. إن فهم وجود هذا الطيف وطبيعته يتطلَّب مني أن أرجع بك إلى البداية الأولى لعلم الفلك الحديث.

إن أحد أهم الاكتشافات في علم الفلك، هو تشابه مادة النجم مع مادة الأرض تشابهًا كبيرًا. بدأ هذا، مثلما هو حال الكثير من الموضوعات في العلم الحديث مع إسحاق نيوتن. ففي سنة 1665، قام نيوتن -الذي كان عالمًا شابًا حينئذ- بإظلام غرفته باستثناء ثقب صغير في الشباك، ومرَّر عبره شعاعًا رفيعًا من ضوء الشمس، ليعبر خلال موشور زجاجي، ورأى أن شعاع الشمس يتشتت إلى ألوان قوس قزح. علَّل ما حدث بأن الضوء الأبيض الصادر من الشمس يحتوي كل تلك الألوان، وكان تعليله صائبًا.

بعد مائة وخمسين عامًا، فحص عالم آخر الضوء المشتَّت بعناية أكبر، واكتشف حزمًا معتمة وسط الألوان، وعلَّل هذا بوجود مواد في الغلاف الغازي الذي يحيط الشمس؛ تمتص هذه المواد ضوءًا ذا ألوان محدَّدة، أو ضوءًا ذا طول موجي معين. يمكن تحديد «خطوط الامتصاص absorption lines» هذه، كما أصبحت معروفة، بأطوال موجات الضوء التي تم قياسها بمقدار امتصاص المواد المعروفة على

كوكب الأرض للضوء- هذه المواد تشمل: الهيدروجين والأوكسجين والحديد والصوديوم والكالسيوم.

في العام 1868، لاحظ عالم آخر خطّيْ امتصاص جديدين في الجزء الأصفر من الطيف الشمسي لم يماثلا أي عنصر معروف على كوكب الأرض. وقد قرر هذا العالم أن هذا يعود إلى عنصر جديد سمَّاه الهليوم. وبعد جيل، تم عزل الهليوم أول مرة على كوكب الأرض.

إن فحص طيف الإشعاع الذي يأتي من النجوم الأخرى يُعدّ أداة علمية مهمة لفهم تكوينها ودرجة حرارتها وتطورها. رصد سليفر -الذي بدأ عمله في العام 1912- طيف الضوء الذي يأتي من سُدُم حلزونية مختلفة ووجد أن الطيف يماثل تلك النجوم المجاورة، باستثناء أن كل خطوط الامتصاص تنحرف بالكمية نفسها في طول الموجة.

فسَّر العلماء هذه الظاهرة في ذلك الحين بـ «أثر دوبلر Doppler effect» المعروف، الذي سُمِّي تيمنًا بالفيزيائي النمساوي كريستيان دوبلر Christian Doppler، الذي شرح في سنة 1842 أن الموجات التي تهبّ عليك من مصدر متحرِّك سوف تنبسط لو أن المصدر يتحرَّك بعيدًا عنك وتنكمش إذا كان يتحرَّك تجاهك. وهذا إيضاح لظاهرة نعرفها جميعًا والتي تذكرني بها الرسوم المتحرِّكة سيدني هاريس Sidney Harris؛ حيث يمتطي رجلان من رعاة البقر حصانيهما في البراري وهما ينظران إلى قطار بعيد، وأحدهما يقول للآخر: «أحب أن أسمع النواح الموحش لصفارة القطار، بينما يتغير مقدار التردد بسبب أثر دوبلر!». وبالفعل، يبدو صوت صفارة القطار أو سارينة الإسعاف أعلى إذا كان القطار أو سيارة الإسعاف يتحرَّك تجاهك ويزداد خفوت الصوت إذا كان يتحرَّك بعيدًا عنك.

اتضح أن الظاهرة ذاتها تحدث لموجات الضوء كما تحدث مع

موجات الصوت، على الرغم من اختلاف الأسباب إلى حد ما. سوف تتمدَّد موجات الضوء من مصدر يتحرَّك بعيدًا عنك إمَّا بسبب حركتها الموضعية في المكان أو بسبب التمدُّد الذي يتخلَّل المكانintervening expansion of space، ويظهر أكثر احمرارًا عمَّا لو كان يتحرَّك نحوك؛ لأن الأحمر هو نهاية طول موجة طويلة في الطيف المرئي، بينما الموجات الصادرة من مصدر يتحرَّك تجاهك سوف تنضغط وتبدو أكثر زرقة.

لاحظ سليفر في العام 1912، أن خطوط الامتصاص من الضوء الذي يأتي من سُدُم حلزونية تنحرف كلها -تقريبًا- بشكل نظامي تجاه أطوال الموجات الأطول (على الرغم من أن بعضها، مثل أندروميدا، انحرفت تجاه أطوال موجات أقصر) استنتج -بشكل صحيح- أن معظم هذه الأجسام تتحرَّك بعيدًا عنَّا بسرعة إفلات[1] كبيرة.

استطاع هابل أن يقارن ملاحظاته عن مسافة تلك المجرات الحلزونية (كما هي معروفة الآن) بمقاييس سليفر لسرعة الإفلات، التي كانت تتحرَّك بها بعيدًا. في العام 1929، بمساعدة أحد موظفي ماونت ويلسون، يُدعى ملتون هاماسون Milton Humason (الذي كان يتمتع بموهبة تقنية وفَّرت له وظيفة من دون أن يكون حاصلًا على شهادة ثانوية)، أعلن هابل عن اكتشاف علاقة إمبريقية مذهلة، تسمَّى الآن قانون هابل Hubble Law وهو: أنه توجد علاقة خطية بين سرعة الإفلات الانسحابية والمسافة بين المجرات المتباعدة. بصورة أساسية، تتحرَّك المجرات البعيدة عنَّا بسرعات إفلات أكبر دائمًا!

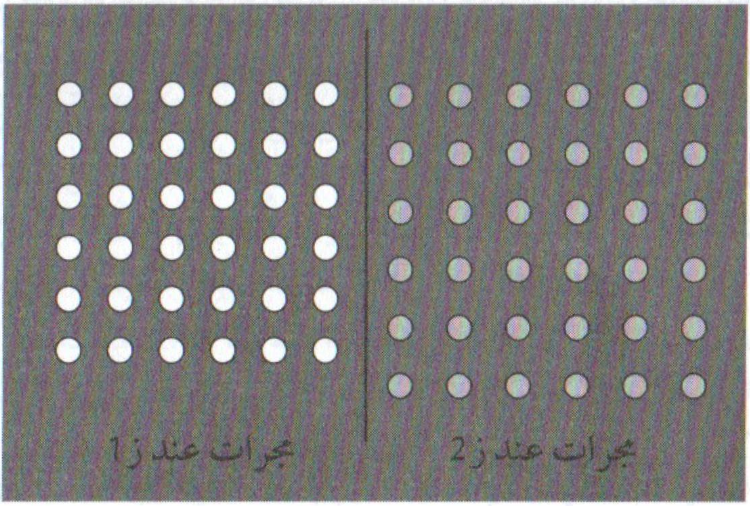
عندما قُدِّمت أول مرة هذه الحقيقة المذهلة: أن كل المجرات تقريبًا تتحرَّك بعيدًا عنَّا، وأن تلك المجرات التي على بعد مسافة مضاعفة منَّا

(1) السرعة المطلوبة للجسم لكي يفلت من جاذبية الكوكب أو القمر.

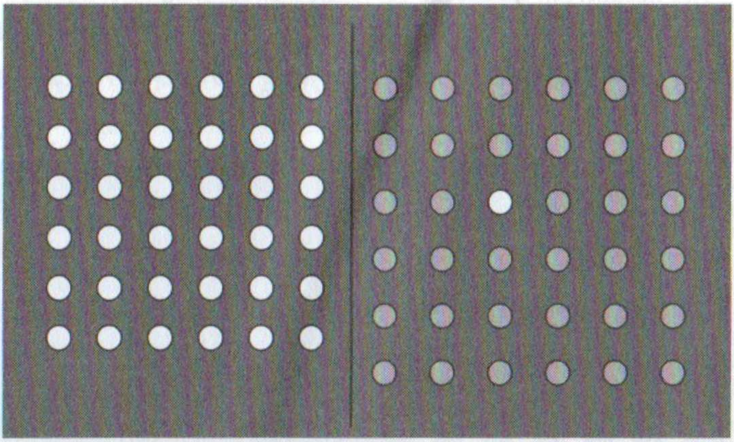
تتحرَّك بسرعة مضاعفة؛ وأن تلك المجرَّات التي على بعد ثلاثة أضعاف المسافة منا، تتحرك بسرعة مضاعفة ثلاث مرات... إلخ. يبدو واضحًا ما تشير إليه تلك الحقيقة: نحن مركز الكون!

وكما يقترح بعض الأصدقاء، فإنني أحتاج إلى أن أتذكَّر يوميًّا أن هذه ليست المسألة. والأهم، لقد كان هذا متسقًا اتساقًا دقيقًا مع العلاقة التي تنبأ بها لوميتر تحديدًا: كوننا يتمدَّد.

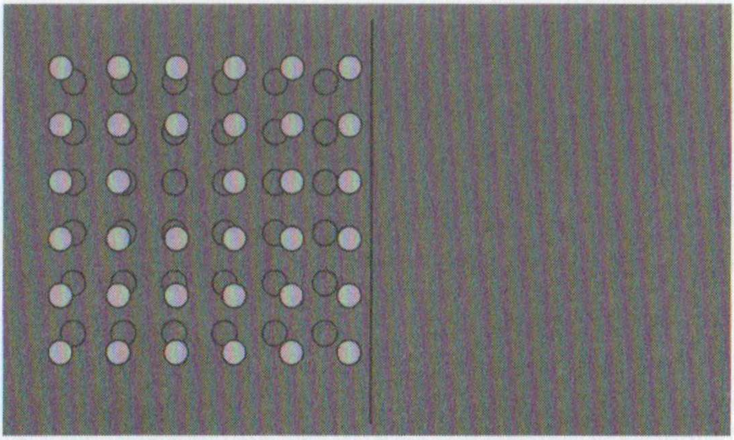
لقد حاولت أن أشرح هذا بعدة طرقٍ، وبصراحة فإنني لا أعتقد أن هناك طريقة جيدة لقول هذا إلا إذا فكَّرت بطريقة إبداعية خارج الأطر التقليدية؛ في هذه الحالة، خارج الإطار الكوني. لكي تفهم ما ينطوي عليه قانون هابل، تحتاج إلى أن تنتقل من موقع المراقبة قصير النظر من مجرتنا، وأن تنظر إلى الكون من الخارج. وفي حين أن من الصعب أن تقف خارج كون ثلاثي الأبعاد، فإن من السهل أن تقف خارج كون ثنائي البعد. في الصفحة التالية رسمتُ كونًا متمدِّدًا في زمنين مختلفين. كما ترى، تبدو المجرات أبعد عن بعضها بعضًا في الزمن التالي.



الآن تخيل أنك تعيش في واحدة **من المجرات في الزمن الثاني ز2، الذي** سوف أميزها بالأبيض في الزمن الثاني ز2.



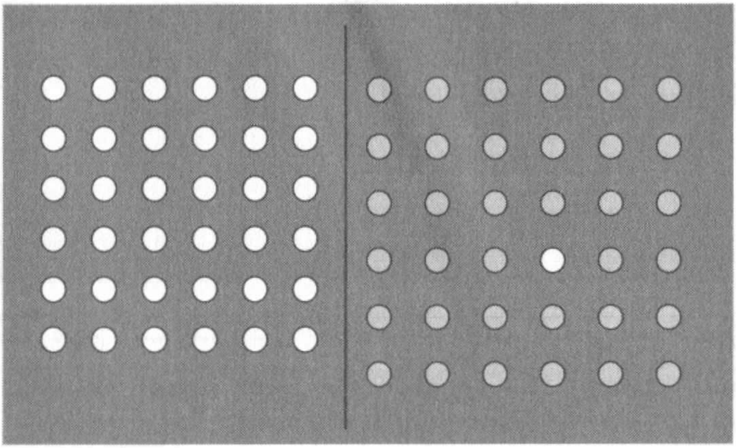
لكي تفهم كيف يبدو تطوُّر الكون من موقع المراقبة في هذه المجرة، ركبت ببساطة الصورة اليمنى فوق اليسرى، حيث وضعت المجرة البيضاء فوق نفسها.

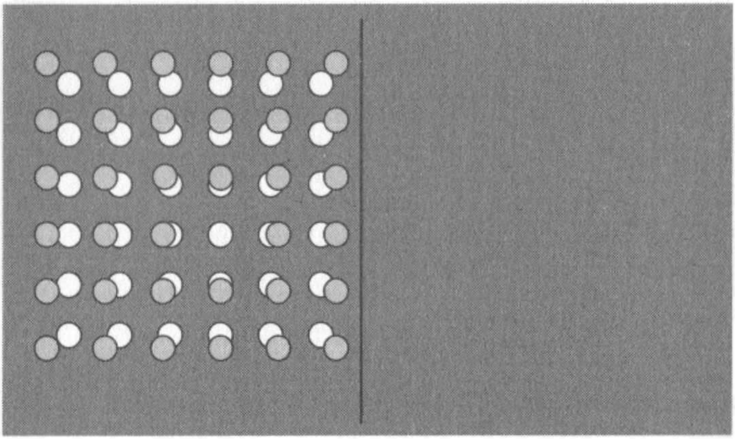


هاكم! من موقع المراقبة في هذه المجرة، تتحرَّك كل مجرة أخرى بعيدًا، وتلك التي تبعد ضعف المسافة تتحرَّك ضعف المسافة في الوقت

ذاته؛ وتلك التي تبعد ثلاثة أضعاف تتحرك ثلاثة أضعاف المسافة... إلخ. وما دام ليس ثمَّة حافّة (للكون)، يشعر هؤلاء الذين في المجرة أنهم في مركز التمدّد.

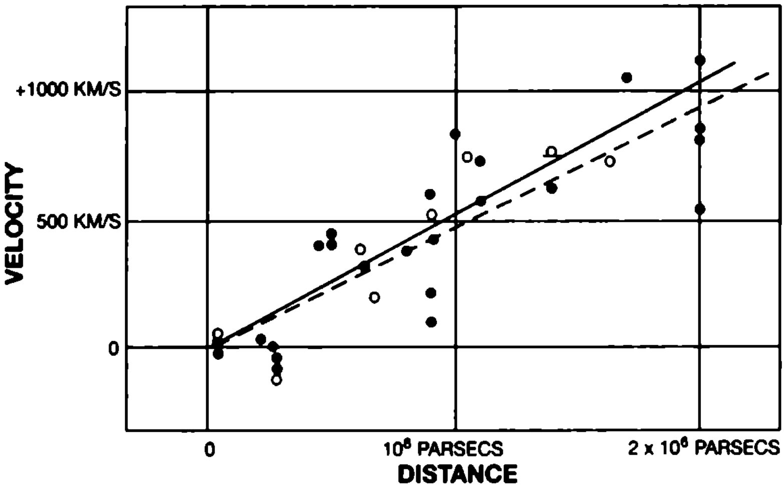
لا يهم ما المجرة التي يختارها الشخص. تخيَّر مجرة أخرى وكرِّر العملية:





بناء على منظورك عندئذ، إما أن كل مكان هو مركز الكون أو ليس هناك مركز للكون. الأمر لا يهم: إن قانون هابل يتسق مع كون يتمدَّد.

الآن، حين قدَّم هابل وهامسون تحليلهما في العام 1929 أول مرة، لم يكتبا -فقط- عن علاقة خطية بين المسافة وسرعة الإفلات الانسحابية، بل قدما تقديرًا كميًّا لسرعة التمدد ذاتها. ها هنا البيانات الحقيقية التي قُدِّمت في ذلك الوقت:



وكما ترى، يبدو أن تخمين هابل عن ملاءمة الخط المستقيم مع هذه البيانات تخمينًا -نسبيًا-محظوظًا. (هناك علاقة ما، لكن لا نعرف إذا كانت العلاقة الخطية هي الأفضل للوصف أم لا؛ فتلك نقطة غامضة بناءً على هذه البيانات وحدها). إن رقم معدَّل التمدّد الذي حصلا عليه- الذي استنتجاه من أجل جدول البيانات- يوحي بأن ثمَّة مجرة تبعد مليون فرسخ نجمي (3 ملايين سنة ضوئية)- وهو التباعد المتوسط بين المجرات- تتحرَّك بعيدًا عنَّا بسرعة 500 كم/ ثانية. وعلى أي حال فإن هذا التقدير لم يكن محظوظًا.

إن فهم السبب سهل نسبيًا: لو أن كل شيء يتحرَّك بعيدًا عن الآخر اليوم، فبالتالي كان أقرب بعضه إلى بعض في الأزمنة المبكرة. والآن،

لو أن الجاذبية الأرضية قوة جاذبة، فهي لا بد تبطئ من تمدّد الكون. هذا يعني أن المجرة التي نراها اليوم تتحرَّك بعيدًا عنَّا بسرعة 500 كم/ الثانية، كانت تتحرَّك بسرعة أكبر في وقت أسبق.

ومع ذلك، فإننا لو افترضنا للحظة أن المجرة كانت تبتعد دومًا بسرعة الإفلات هذه، فإنه يمكن أن نقوم بحسابات رجوعًا إلى الوراء، ونكتشف متى كانت في الموقع ذاته الذي تحتله مجرتنا. نظرًا لأن المجرات التي تبعد مسافة مضاعفة تتحرَّك بسرعة مضاعفة، فلو قمنا بحسابات عكسية، لاكتشفنا أنها تطابقت مع موقعنا في الوقت نفسه بالضبط. وبالفعل، فربما تطابق الكون المرئي أو المرصود كله في نقطة واحدة- الانفجار الكبير- في وقت نستطيع تقديره بهذه الطريقة.

إن مثل هذا التقدير هو -بوضوح- الحد الأعلى لعمر الكون، وذلك لأننا لو افترضنا أن المجرات كانت تتحرَّك ذات مرة بسرعة أكبر، لوصلت إلى موقعها الحالي اليوم في وقت أقل مما طرحه هذا التقدير الحسابي.

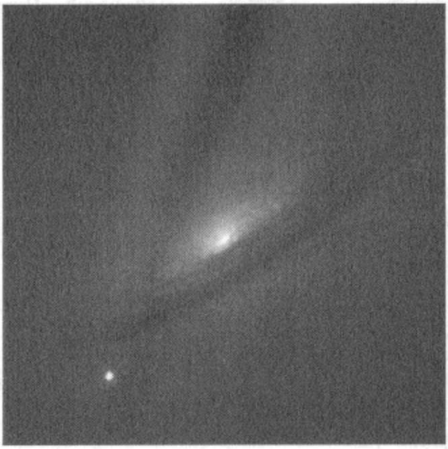
ومن منطلق هذا التقدير الذي يتأسس على تحليل هابل، وقع الانفجار الكبير، منذ 1.5 مليار سنة مضت تقريبًا. وحتى في عام 1929، مع ذلك، كان الدليل واضحًا فعليًا (باستثناء هؤلاء الذين يفسرون الدين حرفيًا في تينسي Tennessee، وأوهايو Ohio وبعض الولايات الأخرى القليلة) على أن كوكب الأرض أكبر عمرًا من 3 مليارات عام.

والآن، من المُحرِج للعلماء أن يجدوا أن الأرض أقدم من الكون. والأمر الأهم، هذا يوحي بأن خطأ ما يشوب التحليل.

لقد كان مصدر هذا الارتباك ببساطة هو أن تقديرات المسافة التي حسبها هابل، والتي استقاها مستخدمًا العلاقات القيفاوية في مجرتنا، خاطئة منهجيًا. إن سُلّم المسافة المعتمد على استخدام النجوم القيفاوية القريبة لتقدير مسافة النجوم القيفاوية الأبعد، ثم لتقدير المسافة إلى المجرات حيث تم كذلك رصد مزيد من النجوم القيفاوية البعيدة، سُلّم غير صحيح.

إن تاريخ كيفية تجاوز تلك الآثار المنهجية طويل جدًا ويعدّ وصفه أمرًا معقّدًا في هذا المقام، وفي كل الأحوال، فإنه لن يشكِّل مشكلة بعد الآن، لأن لدينا الآن مقدَّر مسافة أفضل.

إليك إحدى صوري المفضلة من تليسكوب هابل الفضائي:



تعرض الصورة مجرة حلزونية spiral galaxy[1] جميلة وبعيدة للغاية، منذ زمن طويل، طويل (لأن الضوء الذي يخرج من المجرات يستغرق بعض الوقت- أكثر من 50 مليون عام- لكي يصل إلينا). تحتوي المجرة الحلزونية المماثلة لهذه، التي تماثل مجرتنا، 100 مليار نجم بداخلها. كما يحتوي اللب اللامع في مركزها على 10 مليارات من النجوم على الأرجح. لاحظ النجم الذي في الزاوية اليسرى السفلية

(1) المجرة الحلزونية: أحد أشكال المجرات التي صنّفها الفلكي إدوين هابل، ومجرتنا واحدة من هذه المجرات الحلزونية الشكل، وتتميز المجرات الحلزونية بنواة كثيفة من النجوم وتلتفّ حولها أذرع من النجوم تتفرّع خارج النواة، وتنقسم المجرات الحلزونية الى نوعين، المجرات الحلزونية العادية ويرمز لها بالحرف(S) والمجرات الحلزونية ذات القضيب ويرمز لها بالحرفين(SB).

الذي يشع بلمعان يساوي تقريبًا لمعان الـ 10 مليارات نجم في المركز. عندما تشاهد هذا النجم لأول مرة، فربما تفترض -محقًا- أنه نجم قريب جدًا في مجرتنا، ظهر في طريق الصورة. لكنه في الحقيقة، نجم في المجرة البعيدة نفسها، يبعد أكثر من 50 مليون سنة ضوئية.

ومن الواضح أن هذا ليس نجمًا عاديًا. إنه نجم انفجر توًا، النجم المستعِر[1] supernova؛ واحد من أكثر الألعاب النارية توهُّجًا في الكون. حين ينفجر نجم، يشع لفترة وجيزة (شهر أو نحو ذلك) بضوء مرئي ولمعان 10 مليارات من النجوم.

ولسعادتنا، فإن النجوم لا تنفجر كثيرًا، فقط نحو مرة واحدة كل مائة عام لكل مجرة. لكننا محظوظون بانفجارها، لأنها إن لم تنفجر، فما كان لنا أن نكون هنا. إحدى أكثر الحقائق الشاعرية التي أعرفها عن الكون، هي أن كل ذرة في جسمك كانت ذات مرة داخل نجم انفجر. بالإضافة إلى ذلك، فإن الذرات في يدك اليسرى أتت على الأرجح من نجم آخر يختلف عن النجم الذي أتت منه ذرات يدك اليمنى. نحن حرفيًا أطفال النجوم، وأجسادنا مصنوعة من الغبار الكوني.

كيف عرفنا هذا؟ حسنًا، يمكن أن نستقرئ صورتنا عن الانفجار الكبير، رجوعًا في الزمن، حين كان عمر الكون نحو ثانية واحدة، ونحسب أن كل تلك المواد المرئية كانت مضغوطة، في بلازما كثيفة درجة حرارتها كانت 10 مليارات درجة (بمقياس كيلفن). وفي هذه الحرارة يمكن بسهولة أن تقع تفاعلات نووية بين البروتونات والنيوترونات؛ بما أنها مرتبطة معًا، ثم تنفصم بسبب مزيد من الارتطامات. وفي ما يلي هذه العملية، بينما يبرد الكون، يمكن أن نخمِّن كم مرة سترتبط معًا تلك

(1) المتفجر؛ فائق التوهج؛ المتجدد الجبار.

المكونات النووية الأولية (مثل الهيليوم، والليثيوم... إلخ)، لتشكِّل نوى ذرات أثقل من الهيدروجين.

حين نفعل هذا، فإننا نكتشف أنه لم تتشكَّل نوى -بشكل أساسي- بعد الليثيوم، ثالث أخف نواة في الطبيعة، أثناء وجود الكرة المشتعلة الأولية التي كانت الانفجار الكبير. إننا نثق في أن حساباتنا صحيحة لأن توقعاتنا لهذه العناصر الكونية الوفيرة[1] من العناصر الأخف، تتفق بدقة مطلقة مع تلك الملاحظات. إن وفرة تلك العناصر الأخف -الهيدروجن والديوتيريوم (نواة الهيدروجين الثقيل)، والهليوم والليثيوم- تختلف بمقدار قيمة أسّية تساوي 10 (تقريبًا 5 بالمائة من البروتون والنيوترون، بحساب الكتلة، ينتهي إلى الهليوم، بينما نجد أن مليارًا من كل 10 مليارات نيوترون وبروتون ينتهي داخل نواة ليثيوم). تتفق الملاحظات والتوقعات النظرية على هذا المدى الرائع.

يُعدُّ هذا واحدًا من أكثر التوقّعات شهرة وأهمية ونجاحًا، إذ يعرِّفنا أن الانفجار الكبير وقع بالفعل. إن انفجارًا كبيرًا ساخنًا فقط هو الذي يستطيع أن ينتج وفرة مرئية من العناصر الخفيفة ويظل متناسقًا مع التمدد المرئي الحالي للكون. إنني أحمل بطاقة في جيبي الخلفي، تصوِّر مقارنة التوقعات بين وجود وفرة من عناصر الضوء مع وفرة العناصر الكونية المرئية، بحيث في كل مرة أقابل شخصًا لا يصدِّق أن الانفجار الكبير وقع، أستطيع أن أريه إياها. عادة لا أصل في مناقشتي إلى هذا الحد، بالطبع، فنادرًا ما تؤثر البيانات على الناس الذين قرَّروا مسبقًا أن الصورة فيها خطأ ما. أحمل البطاقة على أي حال، وسوف أنسخها لك في الكتاب لاحقًا.

---

(1) Elements Cosmic Abundance.

في حين أن الليثيوم عنصر مهم للبعض، فالأكثر أهمية بالنسبة لبقيتنا هو كل النوى الأثقل مثل الكربون والنيتروجين والأكسجين والحديد... إلخ. وهذه لم ينتجها الانفجار الكبير. إن المكان الوحيد الذي يمكن أن تتشكل فيه هو اللب الناري في النجم. كما أن الطريقة الوحيدة التي يمكن بها الدخول إلى جسدك اليوم هي افتراض أن تلك النجوم طيبة بما يكفي لتنفجر، ولتفيض بمنتجاتها إلى الكون بحيث يمكن أن تندمج يومًا ما في كوكب أزرق صغير وحوله، كوكب يقع بالقرب من نجم نسميه الشمس. عبر تاريخ مسار مجرتنا، انفجر نحو 200 مليون نجم. لقد ضحَّت هذه النجوم التي لا تُحصى بنفسها، لكي تُولد أنت في يوم من الأيام. أعتقد أن هذا يؤهلها مثل أي شيء آخر لدور المخلِّص.

لقد اتضح أن نوعًا محدَّدًا من النجوم المستعِرة، يسمَّى نوع 1أ المستعر Type 1a supernova، والذي تمت رؤيته بدراسات أجريت خلال تسعينات القرن العشرين، أنه يتمتَّع بصفة مذهلة؛ ذلك النوع المستعِر الذي يلمع أكثر في حد ذاته (داخليًّا) يشعّ فترة أطول. إن هذه العلاقة تتمتَّع بتماسك إمبريقي قوي على الرغم من أنها غير واضحة نظريًّا. هذا يعني أن تلك النجوم المستعرة «شموع قياسية» standard candles جيدة جدًا. نعني بهذا أننا يمكن استخدام هذه النجوم المستعرة في معايرة المسافات لأن لمعانها الداخلي يمكن أن نتحقَّق منه مباشرة بمقياس مستقل عن بعدها. إذا رصدنا نجمًا مستعِرًا في مجرة بعيدة -ونستطيع ذلك لأنه لامع جدًا- يمكن أن نحسب لمعانه الداخلي إذن برصد الفترة الزمنية التي يشع فيها. ثم بقياس لمعانه الخارجي بالتليسكوب، يمكن أن نحسب بدقّة كم يبعد النجم المستعِر، والمجرة التي تستضيفه. ثم بقياس «انزياح (الضوء) نحو الأحمر» redshift[1]،

(1) الحيود نحو الأحمر أو الانزياح نحو الأحمر: عندما يبتعد الجرم السماوي المرصود =

يمكن أن نحدِّد سرعة انفلاتها، وبالتالي يمكن أن نقارن سرعة الانفلات مع المسافة، ونحسب معدل تمدُّد الكون.

حتى الآن تبدو المسألة جيدة، لكن إذا انفجر النجم المستعِر مرَّة واحدة كل مائة عام أو ما نحو ذلك لكل مجرة، كيف يمكن لنا أن نرى واحدًا؟ ففي النهاية، آخر نجم مستعر في مجرتنا شوهد على كوكب الأرض كان ما رآه يوهانس كيپلر Johannes Kepler في العام 1604! يشيع، حقًا، أن رصد النجم المستعر في كوكبنا حدث خلال حيوات الفلكيين العظماء فقط، وكيپلر واحد منهم بالتأكيد.

كيپلر الذي بدأ حياته المهنية مدرِّسًا متواضعًا للرياضيات في النمسا، أصبح مساعد الفلكي تايكو براهِ Tycho Brahe (الذي رصد نجمًا مستعرًا مبكرًا في مجرتنا ومنحه ملك الدانمارك جزيرة كاملة كمقابل لاكتشافه)، وإذ استخدم كيپلر بيانات براهِ عن المواقع الكوكبية في السماء التي استغرق في جمعها أكثر من عقد، استنبط قوانينه الثلاثة الشهيرة التالية عن حركة الكواكب في أوائل القرن السابع عشر:

1. مدار كل كوكب عبارة عن قطع ناقص (إهليج) تقع الشمس في إحدى بؤرتيه.
2. الخط الواصل بين كوكب ما والشمس، يقطع مساحات متساوية خلال أزمنة متساوية.
3. مربع الزمن المداري لكوكب ما يتناسب طرديًا مع مكعب نصف المحور الرئيس لمداره (أو بكلمات أخرى؛ مكعب نصف المحور الرئيس للقطع الناقص، أو مكعب نصف المسافة عبر أعرض جزء من القطع الناقص).

= فإن طيفه ينزاح نحو الأحمر، لأن موجات الضوء الصادرة منه تطول، لذلك يظهر طيفه أحمر تبعا لأثر دوبلر.

إن هذه القوانين تمهِّد في المقابل الأساس الذي استنبط منه نيوتين قانون الجاذبية العام بعد قرن تقريبًا. وإلى جانب هذه المساهمة المذهلة، دافع كيپلر، محققًا النجاح، عن أمه في محاكمة اتهمتها بممارسة السحر؛ وكتب، ما هو على الأرجح، أول قصة خيال علمي عن رحلة إلى القمر.

في الوقت الحالي، إن إحدى الطرق التي يمكن بها رؤية نجم مستعر هي تعيين خريج جامعي مختلف لكل مجرة في السماء. ففي النهاية، سنجد أن مائة عام لن تختلف كثيرًا -بالتوقيت الكوني على الأقل- عن الوقت المتوسط لإنجاز دكتوراه؛ وخريجو الجامعة رخيصو التكلفة ومتوافرون. من ناحية أخرى، ما يسبب الإحساس بالسعادة، أننا لسنا مضطرين لأن نلجأ لمثل هذه المعايير المتطرِّفة، لسبب بسيط جدا؛ هو أن الكون كبير وقديم، وبالتالي، تقع الحوادث النادرة طوال الوقت.

اخرج في إحدى الليالي إلى الغابات أو الصحراء حيث تستطيع أن ترى النجوم، وارفع يديك إلى السماء، وارسم دائرة صغيرة بين الإبهام والسبابة. ارفعها إلى بقعة مظلمة من السماء حيث لا توجد نجوم مرئية. في تلك البقعة المظلمة، مع تليسكوب ضخم من النوع الذي نستخدمه اليوم، تستطيع أن تميز 100.000 مجرة على الأرجح، تحتوي كل منها على مليارات النجوم. بما أن نجمًا متوقِّدًا ينفجر مرة كل مائة عام في كل مجرة، فمع 100.000 مجرة في مجال الرؤية، لا بد أن تتوقَّع أن ترى، في المتوسِّط، نحو ثلاثة نجوم تنفجر في ليلة ما.

يفعل الفلكيون هذا بالضبط. يملأون استمارة لحجز ميعاد لهم لاستخدام التليسكوب الزمني من أحد المعاهد أو الجامعات التي تملكه. وفي بعض الليالي قد يرون نجمًا ينفجر، أو نجمين في ليالٍ أخرى، وقد تكون السماء ملبَّدة بالغيوم في بعض الليالي الأخرى فلا يرون أي شيء. وبهذه الطريقة استطاعت عدة مجموعات تحديد ثابت

هابل بأقل من 10 بالمائة مع حساب قياس اللايقين uncertainity. إن الرقم الجديد، الذي يبلغ نحو 70 كم في الثانية للمجرات التي تبعد في المتوسط 3 ملايين سنة ضوئية، وهو رقم أصغر -بأجزاء عشرية- من ذلك الذي استنبطه هابل وهاماسون. وبناءً عليه، فإننا نقدِّر عمر الكون بما يقرب من 13 مليار عام بدلًا من 1.5 مليار عام.

وكما سوف أصف فيما بعد، فإن هذا يتوافق كلية مع التقديرات المستقلَّة عن عمر أقدم النجوم في مجرتنا. من براهٍ إلى كيبلر، ومن لوميتر إلى آينشتاين وهابل، ومن طيف النجوم إلى عناصر الضوء الوفيرة، أنتجت أربعمائة عام من العلم الحديث صورة رائعة ومتسقة للكون المتمدِّد.

كل شيء متماسك. صورة الانفجار الكبير في حالة جيدة.

الفصل الثاني

قصة اللغز الكونية

وزن الكون

«هناك معطيات نعرفها؛ إنها الأشياء التي ندرك أننا نعرفها. هناك مجهول نعلمه؛ بمعنى، هناك أشياء ندرك أننا لا نعرفها. لكن هناك مجهولًا نجهله أيضا؛ إنها الأشياء التي لا نعرف أننا لا نعرفها».

دونالد رامسفيلد[1]

إذ أثبتنا أن الكون له بداية، وأن تلك البداية كانت زمنًا متناهيًا وقابلًا للقياس في الماضي، فإن السؤال التالي الطبيعي الذي يطرح نفسه هو: «كيف سينتهي هذا الكون؟».

(1) دونالد رامسفيلد (Donald Rumsfeld): (9 يوليو 1932 -)، وزير الدفاع الأمريكي (2001 - 2006).

في الحقيقة، هذا هو السؤال عينه الذي قادني إلى أن أنتقل من موطني الأصلي، علم فيزياء الجزيئات particles physics، إلى علم الكون cosmology. لقد اتضح خلال عقدَيْ السبعينات والثمانينات من القرن الماضي، من القياسات التفصيلية لحركة النجوم والغاز في مجرتنا، إلى جانب حركة المجرات في مُجموعات ضخمة من المجرات التي تسمّى عناقيد[1] clusters، أن هناك حقائق كونية كثيرة لا تزال مختبئة عن العين أو التليسكوب.

إن الجاذبية هي القوة الرئيسة التي تعمل على سلم المقاييس الضخمة للمجرات؛ ولهذا فإن قياس حركة الأجسام على هذه المقاييس يسمح لنا بفحص قانون الجاذبية (التجاذب الثقلي) الذي يقود هذه الحركة. كما أن هذه القياسات نجحت مع العمل الرائد، الذي قامت به عالمة الفلك الأمريكية ڤيرا روبن Vera Rubin وزملاؤها في أوائل سبعينات القرن الماضي. تخرَّجت روبن في جامعة جورج تاون George Town University بدرجة دكتوراه بعد أن قدِمت للالتحاق بجامعة برينستون، ولكن الجامعة لم تكن تقبل امرأة في برنامج علم الفلك الدراسي للخريجين حتى سنة 1975. نجحت روبن في أن تصبح ثاني امرأة تحصل على جائزة الميدالية الذهبية للجمعية الفلكية الملكية Royal Astronomical Society. وقد جاءت تلك الجائزة ومظاهر التكريم الأخرى التي استحقتها تمامًا نتيجة لقياساتها المبتكرة لنسبة المدة المحورية[2] لمجرتنا.

(1) العنقود (فلكيًا): مجموعة من النجوم أو المجرات، تشترك فيما بينها من حيث الجاذبية والعمر، وكأنها جسم واحد.

(2) المدة المحورية، هي المدة الزمنية، التي يحتاجها الكوكب أو القمر أو أي جرم سماوي آخر، للدوران حول محوره (يومه) مرة واحدة.

فبعد أن قامت روبن برصد النجوم والغاز الساخن البعيدَين دومًا عن مركز مجرتنا، توصَّلت إلى أن هذه المناطق كانت تتحرَّك بسرعة أكبر مما ينبغي، لو أن السبب يكمن في قوة الجاذبية -أو التجاذب الثقلي- التي تقود حركتها يعود إلى كتلة كل الأجسام المرئية داخل المجرة. وبفضل عملها، اتضح أخيرًا لعلماء الفلك أن الطريقة الوحيدة لشرح هذه الحركة، هي أن يفترضوا وجود كتلة أكبر في مجرتنا، من تلك الكتلة التي يمكن شرحها أو تبريرها، وذلك بإضافة كتلة كل هذا الغاز الساخن والنجوم.

من ناحية أخرى شابت هذا الرأي مشكلة، إذ تخبرنا الحسابات ذاتها، التي تشرح بجمال الزخم المرئي لعناصر الضوء (الهيدروجين، والهيليوم، والليثيوم) في الكون، تخبرنا هي ذاتها على نحو أو آخر كم عدد البروتونات والنيوترونات -مواد المادة العادية stuff of normal matter- الذي يجب أن يكون موجودًا في الكون. والسبب في هذا يماثل أي وصفة طهو -في هذه الحالة الطهو النووي- تعتمد كمية المنتج النهائي على كمية كل مكوّن من المكونات التي بدأت بها؛ فلو أنك ضاعفت -مثلًا- كمية الوصفة- أربع بيضات بدلًا من اثنتين، سوف تحصل على مزيد من المنتَج النهائي، (في هذه الحالة: بيض مقلي). غير أن الكثافة الأولية للبروتونات والنيوترونات في الكون -التي نشأت عن الانفجار الكبير- نظرًا لتحديد اتساقها مع الزخم المرئي للهيدروجين والهيليوم والليثيوم، وهو ما يمكن اعتباره مسؤولًا عن نحو ضعف كمية المادة التي يمكن أن نراها في النجوم والغاز الساخن. والسؤال الآن: أين تلك الجزيئات؟

يسهل تخيَّل الطرق التي تختبئ بها البروتونات والنيوترونات (كرات الثلج، الكواكب، علماء الكون.. فأي مما سبق لا يشِعّ)، ولهذا توقَّع

عديد من الفيزيائيين أن عدد البروتونات والنيوترونات التي ترقد في الأجسام المعتمة يساوي عددها في الأجسام المرئية. ومن ناحية أخرى، فإننا حين أضفنا كم حجم «المادة المعتمة» التي يجب أن توجد لتفسير حركة المادة في مجرّتنا، وجدنا أن نسبة المادة الكلية إلى المادة المرئية ليست 2 إلى 1، بل نحو 10 إلى 1. فإذا كانت هذه النسبة صحيحة، فإنه لا يمكن أن تكون المادة المعتمة مصنوعة من البروتونات والنيوترونات، لا يوجد ما يكفي منها.

جذبني، حين كنتُ فيزيائيًا متخصِّصًا في الجزيئات الأولية elementary particles في بدايات الثمانينات من القرن الماضي، وأثارني احتمال وجود هذه المادة المعتمة المذهلة. إذ إن هذا يعني، حرفيًا أن الجزيئات المهيمنة في الكون لم تكن النيوترونات والبروتونات الصالحة القديمة العادية، بل ربما كانت نوعًا ما جديدًا من الجزيء الأوليّ؛ شيئًا ما لم يوجد على كوكب الأرض اليوم، ولكنه شيء ما غامض يتدفّق بين النجوم وخلالها، ويدير بصمت عرض الجاذبية كله الذي نسمّيه مجرة.

بل إن الأمر الأكثر إثارة، على الأقل بالنسبة لي، أن هذا يعني ثلاثة خطوط جديدة من البحث، التي يمكن أن تعيد إنارة طبيعة الواقع جذريًا، كما يلي:

1. لو أن هذه الجزيئات خُلقت في الانفجار الكبير، مثل عناصر الضوء التي شرحتها، فإن بوسعنا إذن أن نستخدم الأفكار أو التصورات، التي تتعلّق بالقوى التي تحكم تفاعلات الجزيئات الأوليّة (بدلًا من التفاعلات النووية التي تتعلّق بزخم العناصر الكيميائية)؛ لتقدير زخم الجزيئات الجديدة المذهلة المحتَمَلة في الكون اليوم.

2. قد يكون من الممكن أن نستنبط الزخم الكلي للمادة المعتمة في الكون، على أساس الأفكار النظرية في فيزياء الجزيئات، أو أن نطرح تجارب جديدة لفحص المادة المعتمة. ويمكن أن تعلّمنا أي وسيلة من الوسيلتين كم حجم المادة الكلي، ومن ثمَّ الشكل الهندسي لكوننا. إن وظيفة الفيزياء ليست اختراع أشياء لا نستطيع أن نراها لشرح أشياء نستطيع أن نراها، بل وظيفتها أن تعرف كيف نرى ما لا نستطيع أن نراه؛ أن نرى ما كان غير مرئي من قبل؛ المجهول المعلوم. إن كل جزيء أولي جديد مرشح للمادة المعتمة يطرح احتمالات جديدة لتجارب تفحص مباشرة جزيئات المادة المعتمة، التي تتجوّل في أرجاء المجرة- تلك التجارب يمكن أن نجريها ببناء آلات على كوكب الأرض؛ لفحصها نظرًا لأن كوكب الأرض يعيق حركتها خلال الفضاء. فبدلًا من استخدام تلسكوبات للبحث عن أجسام بعيدة، إذا كانت جزيئات المادة المعتمة تنتشر في حزم تخترق المجرة كلها، فإنها هنا معنا الآن ويمكن أن تكشف المجسّات الأرضية عن حضورها.
3. إذا استطعنا تحديد طبيعة المادة المعتمة وزخمها، فربما نستطيع أن نحدِّد كيف سينتهي الكون.

لقد بدا هذا الاحتمال الأخير الأكثر إثارة، ولهذا سوف أبدأ به: انخرطتُ فعليًا في عِلم الكون لأني أردت أن أصبح الشخص الأول، الذي يعرف كيف قد ينتهي الكون.

بدت كما لو أنها فكرة جيدة حينها.

حين طوَّر آينشتاين نظريته في النسبية العامة، حملت في جوهرها

احتمالية أن ينحني الفضاء في حضور المادة أو الطاقة. وقد أصبحت هذه الفكرة النظرية أكثر من مجرَّد افتراض في العام 1919، حين رصدت بعثتان علميتان ضوء نجم ينحني حول الشمس خلال وقوع كسوف شمسي، بالدرجة ذاتها التي تنبَّأ بها آينشتاين في حالة ما أدى حضور الشمس إلى انحناء الفَضاء حولها. أصبح آينشتاين شهيرًا على الفور واسمًا مألوفًا. (يعتقد معظم الناس اليوم أن المعادلة ط = ك س^2 ($E=mc^2$)، التي خرجت قبل ذلك الكسوف الشمسي بخمسة عشر عام، هي السبب في هذا، لكنها ليست المسؤولة عن شهرته).

إذن، لو أن الفضاء منحنيًا فَرضًا، فإن هندسة الكون تصبح فجأة أكثر إثارة للغاية. وبناء على الكمية الكلية للمادة في كوننا، فمن الممكن أن يوجد (الكون) في نوع من ثلاثة أنواع هندسية مختلفة، تسمَّى، المفتوح، والمغلق، والمُسَطح.

من الصعب -بالفعل- تصوُّر شكل الفضاء ثلاثي الأبعاد المنحني (المغلق). وبما أننا كائنات ثلاثية الأبعاد، فإننا نستطيع أن نتصوَّر بديهيًا وبسهولة فضاءً ثلاثي الأبعاد، بقدر ما تستطيع الكائنات ثنائية الأبعاد في الكتاب الشهير «أرض مسطحة» Flatland تخيل كيف يمكن أن يرى راصد ثلاثي الأبعاد عالمها لو أنه منحنٍ مثل سطح كرة. علاوة على هذا، لو أن الانحناء صغير جدًا فمن الصعب إذن أن نتصوَّر كيف يمكن فحصه فعليًا في الحياة اليومية، تمامًا مثلما شعر بعض الناس -خلال العصور الوسطى على الأقل- أن الأرض مسطحة؛ لأنها بدت كذلك من منظورهم.

من الصعب تصوُّر كون ثلاثي الأبعاد منحنيًا -يشبه الكون المغلق كرة ثلاثية الأبعاد وهذا يبدو مخيفا- لكن من السهل وصف بعض أوجهه. إذ لو أنك نظرت بعيدًا بما يكفي في أي اتجاه في كون مغلق، فسوف ترى خلفية رأسك.

إن الكون ثلاثي الأبعاد المسطَّح ليس منبسطًا مثل الفطيرة، بل إنه الكون العتيق الجيد الذي اعتقدت دومًا أنك تعيش فيه، ذلك الكون الذي يسافر الضوء خلاله في خطوط مستقيمة، وتتوجه المحاور المتعامدة الثلاثة س، ص، ز (x, y, z)، في الاتجاهات الثلاثة ذاتها من أي مكان خلال الفضاء (مثلما ترسمها منبثقة من أي نقطة عشوائية ضمن الفضاء). في فضاء منحنٍ، يسافر الضوء في مسارات منحنية، والمحاور المتعامدة الثلاثة، المرسومة عند نقطة واحدة، تنتهي إلى التوجه في اتجاهات مختلفة أثناء تحرّكك في الفضاء.

وبينما تبدو هذه الأشكال الهندسية المذهلة مسلّية أو مُبهِرة بالحديث عنها، فإن هناك عواقب من الوجهة العملية، أكثر أهمية، تترتب على هذا الوجود. وتخبرنا نظرية النسبية العامة -بوضوح تام- أن الكون المغلق الذي يهيمن على كثافة طاقته مادة مثل النجوم والمجرات بل والمادة المعتمة المذهلة، لا بد أن ينهار مرة ثانية (للمركز) في عملية تماثل نقيض الانفجار الكبير؛ بتعبير آخر: سحق ضخم Big Crunch. ومن جهة ثانية، يستمر الكون المفتوح في التمدُّد إلى الأبد بمعدل محدود، أما الكون المسطَّح فهو على الحافّة تمامًا؛ إذ يبطئ من سرعة تمدده، لكنه لن يتوقَّف أبدًا.

لذلك يبشِّر تحديد كمية المادة المعتمة، وبالتالي الكثافة الكلية للكتلة في الكون بالكشف عن إجابة السؤال القديم (قِدم يماثل عمر تي. إس. إليوت على الأقل): هل سينتهي الكون بانفجار أم بأنَّة؟ تعود ملحمة محاولة تحديد الزخم الكلي للمادة المعتمة إلى نصف قرن على الأقل، ويمكن أن يكتب الشخص كتابًا كاملًا عنها، وهو ما قمت به بالفعل في كتابي جواهر Quintessence. من ناحية ثانية، فإنه في هذه الحالة، وكما سأعرض الآن (بالكلمات والصورة على السواء). حقًا، إن صورة واحدة تعادل ألف كلمة على الأقل (أو ربما مائة ألف كلمة).

الأجسام المرتبطة بالجاذبية في الكون، تسمَّى العناقيد الضخمة من المجرات Supercluster of galaxies. ويمكنها أن تحتوي على آلاف المجرات الفردية أو أكثر، كما يمكن أن تمتد عبر ملايين السنوات الضوئية. توجد معظم المجرات في هذه العناقيد الضخمة، وفعليًا تقع مجرتنا في عنقود مجرّات العذراء[1] الذي يبعد عن الأرض 60 سنة ضوئية.

وبما أن العناقيد الضخمة كبيرة جدًا وعملاقة، فإن أي شيء يوجد داخل أي شيء، سوف يوجد في عناقيد. فإذا استطعنا وزن عناقيد المجرات الضخمة وحساب الكثافة الكلية لكل عنقود ضخم في الكون، فإنه يمكننا حينئذ «وزن الكون»، بما فيه المادة الكلية كلها، ثم يمكن أن نحدد ما إذا كانت هناك مادة كافية لغلق الكون أم لا، بعد أن نستخدم النسبية العامة.

إن الأمور تسير على ما يرام حتى الآن، لكن كيف نزن أجسامًا عبر عشرات الملايين من السنوات الضوئية؟ إن الإجابة بسيطة للغاية: استخدم الجاذبية.

في عام 1936، نشر ألبرت آينشتاين، بناءً على إلحاح من فلكي هاوٍ، يُدعى رودي ماندل Rudi Mandl، بحثًا قصيرًا في مجلة العلوم Science، بعنوان «فعل شبيه بالعدسات لنجم بسبب انحراف الضوء في حقل الجاذبية» (Lens-Like Action of a Star by the Deviation of Light in the Gravitational Field) عرض آينشتاين في هذا البحث المختصر الحقيقة الرائعة بأن الفضاء يمكن أن يتصرف مثل العدسة؛ فيحني الضوء ويضخِّمه، تمامًا مثل عدسَتَيْ أي نظارة قراءة.

---

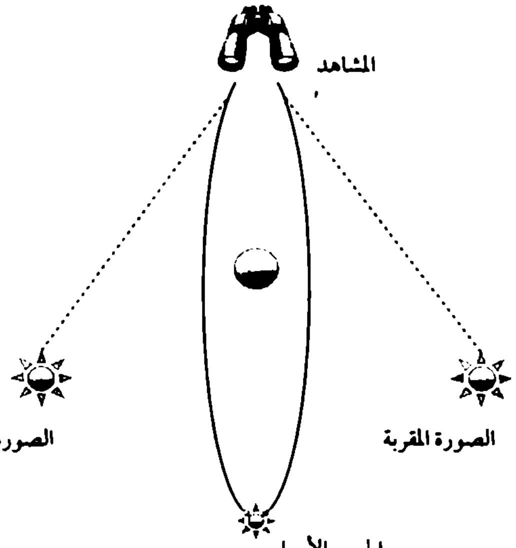
(1) عنقود ضخم من المجرات في كوكبة العذراء، من ضمنها المجرات M61,M87,M90,M100 وهي مجرات حارّة وتعتبر مصدرا قويا للأشعة السينية.

كان زمنًا أكثر عطفًا ولطفًا في عام 1936، ومن المثير أن نقرأ البداية غير الرسمية لبحث آينشتاين، الذي نُشر في النهاية في مجلة علمية رفيعة المستوى: «منذ فترة، زارني ر. دبليو. ماندل، وطلب مني أن أنشر نتائج عملية حسابية صغيرة، قمت بها بناء على طلبه. لقد قمت بهذا البحث الصغير إذعانًا لرغبته». ربما يلائمه هذا الأسلوب غير الرسمي، لأنه آينشتاين، لكني أفضِّل أن أفترض أنه نتاج العصر، الذي لم يكن يعبِّر فيه بعدُ عن النتائج العلمية في لغة تبعد عن اللهجة العامة.

على أي حال، كانت حقيقة أن الضوء يتبع مسارًا منحنيًا لو أن الفضاء نفسه منحنٍ في حضور المادة، هو أول توقُّع جديد مهم للنسبية العامة، والاكتشافَ الذي قاد آينشتاين إلى شهرة عالمية كما ذكرتُ. لهذا لم يفاجئنا أن نعرف (كما اكتشفنا أخيرًا) أن في عام 1912، قبل أن يكمل آينشتاين حتى نظريته في النسبية العامة، قام بعمليات حسابية -إذ حاول أن يجد ظاهرة مرئية ما يمكن أن تقنع الفلكيين باختبار أفكاره- تطابقت تطابقًا جوهريًا مع تلك التي نشرها في العام 1936 بناءً على طلب السيد ماندل. ولعل آينشتاين بسبب توصله إلى النتيجة عينها التي ذكرَها في بحثه عام 1936، وهي: «لا توجد فرصة عظيمة لرصد هذه الظاهرة»، لم يزعج نفسه بنشر عمله المبكر. وفي الحقيقة، إننا لا نستطيع أن نجزم بعد أن فحصنا دفاتر ملاحظاته عن كل من الفترتين الزمنيتين أنه تذكَّر -حتى فيما بعد- أنه قام بإجراء الحسابات الأصلية قبل 24 عامًا.

ما أدركه آينشتاين في كل من المناسبتين أن انحناء الضوء في حقل الجاذبية يمكن أن يعني، لو أن هناك جسمًا لامعًا قائمًا خلف كتلة ما تقع بينهما (معيقة)، أن أشعة الضوء التي تنتشر في اتجاهات مختلفة يمكن أن تنحني حول الكتلة المعيقة وتتجمَّع مرة ثانية تمامًا كما تسلك حين تعبر عدسات عادية، حيث ينتج عن ذلك إمَّا تضخيم للجسم الأصلي

أو عديد من النسخ الصورية للجسم الأصلي، يكون بعض منها صورًا مشوَّهة (انظر الصورة أدناه).



حين قام آينشتاين بحساب التأثيرات التي توقَّعها لتَعَدُّس lensing نجم بعيد، عن طريق نجم معيق في الأمام، كان التأثير صغيرًا حتى إنه بدا غير قابل للقياس تمامًا، ما أدى به إلى كتابة الملاحظة المذكورة أعلاه: من غير المرجَّح أن يتم رصد هذه الظاهرة أبدًا. بناء عليه، اكتشف آينشتاين أن بحثه يحمل قيمة عملية قليلة. وبحسب صياغته في الرسالة التي وجهها إلى مدير تحرير المجلة في ذلك الوقت قال: «دعني أشكرك على تعاونك في نشر هذا البحث الصغير الذي استخلصه السيد ماندل مني. إنه ذو قيمة قليلة، ولكنه يسعد الرجل المسكين».

على أي حال، لم يكن آينشتاين فلكيًا، وهي مسألة تحتاج إلى فلكي؛ لكي يدرك أن التأثير الذي تكهَّن به آينشتاين ليس قابلًا للقياس فقط، بل إنه مفيد أيضًا. إذ تنبع فائدته من تطبيقه على تعدُّس الأجسام

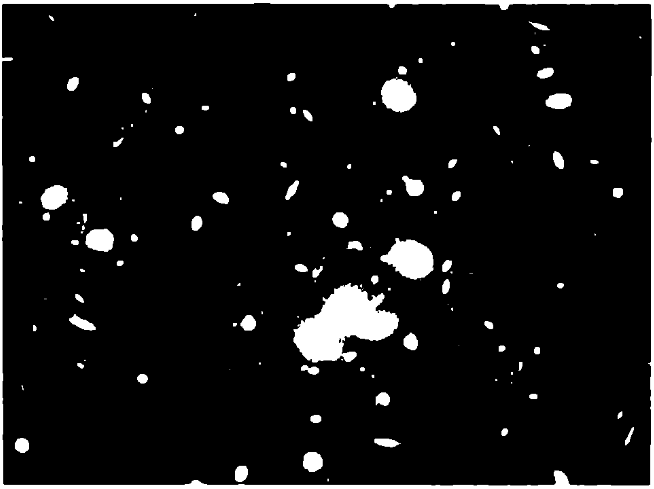
البعيدة عن طريق منظومات أكثر ضخامة بكثير مثل: المجرات أو حتى عناقيد المجرات، وليس بتطبيقه على تعدُّس النجوم، عن طريق النجوم. وخلال شهور من بعد نشر آينشتاين لبحثه، قدَّم عالم الفلك الرائع في معهد كاليفورنا للتكنولوجيا فريتز زويكيFritz Zwicky إلى الدورية الفيزيائية Physical Review ورقة بحثية، عرض فيها هذه العملية الاحتمالية بالذات (وقللٍ من شأن آينشتاين كذلك على -نحو غير مباشر- بسبب جهله بما يتعلّق بالتأثير المحتمل للتعدُّس عن طريق المجرات بدلًا من النجوم).

كان زويكي شخصًا سريع الغضب وسابقًا لعصره. ومع حلول عام 1933 كان قد قام بتحليل الحركة النسبية للمجرات في عنقود الهلبة coma cluster، وبتطبيق قوانين الحركة لنيوتن، توصَّل زويكي إلى أن المجرات تتحرَّك سريعًا بحيث كان يجب أن تكون في حالة تدفُّق منفصل عن بعضها، فتدمِّر الشكل العنقودي إلا إذا كانت هناك كتلة أكبر بكثير، بمعامل أكبر من 100، في العنقود، من الكتلة التي يمكن أن تُعزى إلى النجوم وحدها؛ لهذا لا بد من اعتباره -بجدارة- مكتشف المادة المعتمة، إلا أن استنتاجه في ذلك الوقت كان مهمًا إلى حدٍّ أن معظم الفلكيين شعروا -على الأرجح- أن هناك شرحًا ما أقل غرابة بالنسبة للنتيجة التي توصَّل إليها.

وعلى قدم المساواة كان بحث زويكي ذو الصفحة الواحدة في عام 1937 رائعًا. حيث قدَّم ثلاثة استخدامات مختلفة لتعدُّس الجاذبية: (1) اختبار النسبية العامة؛ (2) استخدام المجرات المعيقة كنوع من أنواع التلسكوبات؛ لتضخيم حجم الأجسام البعيدة التي قد تغيب عن التلسكوبات على سطح الأرض؛ (3) وهو الأكثر أهمية؛ حل اللغز، لِم تبدو العناقيد ذات وزن أكبر مما تفسره مادتها المرئية؟ «يمكن أن يزودنا

رصد انحراف الضوء حول السدم، بالتقدير المباشر تمامًا لحجم الكتل السديمية ويزيل التناقض المذكور أعلاه».

يبلغ عمر بحث زويكي أربعة وسبعين عامًا، لكن يمكن قراءته على أنه مشروع علمي معاصر، عن استخدام تعدُّس الجاذبية لفحص الكون. وبالفعل نجحت كل الاقتراحات التي قدمها، وآخرها هو الذي يحمل الأهمية القصوى بينها. تمت ملاحظة تعدُّس الجاذبية للكوازارات[1] البعيدة عن طريق المجرات المعيقة لأول مرة في عام 1987؛ وفي عام 1998 أي بعد واحد وستين عامًا على ما اقترحه زويكي لوزن السُدُم باستخدام تعدُّس الجاذبية، تم تحديد كتلة عنقود ضخم باستخدام تعدُّس الجاذبية.



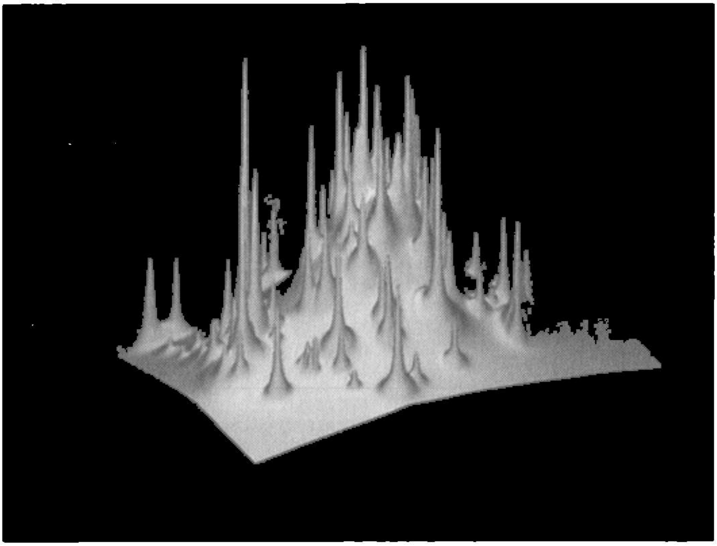
(1) أجرام سماوية بعيدة جدا وفي حدود الكون المرئي تطلق كمية كبيرة من الطاقة والاشعة الراديوية بحيث تصل إلى آلاف أضعاف الطاقة التي تصدرها المجرات القريبة منا، كما أن طيفها ينحرف كثيرًا نحو الأحمر ما يدل على أن سرعة ابتعادها عالية جدا، وبينت الأرصاد الفلكية أن هذه الأجرام السماوية صغيرة الحجم بالنسبة للمجرات.

في ذلك العام، رصد الفيزيائي توني تايسون Tony Tyson وزملاؤه في معامل بيل Bell Laboratories المتوقفة عن العمل الآن (المعامل التي تمتعت بتقليد علمي عظيم نبيل وتاريخ حافل من الحصول على نوبل في العلوم؛ مرورًا باختراع الترانزستور واكتشاف إشعاع الخلفية المايكروني الكوني Cosmic background microwave radiation) رصد تايسون عنقودًا ضخمًا بعيدًا، سمَّاه CL 0024 + 1654، يقع على بعد 5 مليارات سنة ضوئية. في هذه الصورة الجميلة التي التقطها تليسكوب الفضاء هابل، ثمَّة نموذج مذهل لصورة مضاعفة لمجرة بعيدة تقع على بعد 5 مليارات سنة ضوئية خلف عنقود يمكن أن نرى صوره المشوَّهة تماما والممدودة وسط المجرات المستديرة بخلاف ما عُرف عنها.

تزودنا هذه الصور بطاقة تكفي للتخيل. وبداية فإن كل نقطة في الصورة مجرة وليست نجمة. تحتوي كل مجرة على 100 مليار نجم، ترافقها مئات المليارات من الكواكب على الأرجح، وربما حضارات ضائعة منذ زمن طويل. أقول منذ زمن طويل لأن عمر الصورة 5 مليارات سنة. انبعث الضوء منذ 500 مليون عام قبل أن تتكوَّن شمسنا وقبل أن يتكوّن كوكبنا الأرضي. اختفى العديد من النجوم الموجودة في الصورة، بعد أن استهلكت طاقتها النووية منذ مليارات السنين. علاوة على هذا، تبيِّن الصور المشوَّهة إمكانية تحقيق ما طرحه زويكي. إذ إن الصور المشوَّهة الضخمة على يسار المركز من الصورة هي نسخ مكبَّرة تكبيرًا شديدًا (وممدودة) من هذه المجرة البعيدة، التي كان يمكن ألا تكون مرئية على الإطلاق غالبًا.

إن العمل رجوعًا من هذه الصورة لتحديد توزيع الكتلة الضمنية في العنقود يُعدُّ تحديًا رياضيًا إشكاليًا ومعقَّدًا. وللقيام به، صمَّم تايسون

نموذج كمبيوتر للعنقود واقتفى أثر مسار الأشعة من المصدر، خلال العنقود في كل الطرق المختلفة المحتملة التي سارت بها، إذ استخدم قوانين النسبية العامة لتحديد السبل المناسبة، حتى تطابق تمامًا النسق الذي حصل عليه مع ما رصده الباحثون. وحين هدأ التراب، حصل تايسون وزملاؤه على صورة تخطيطية تعرض بدقة موقع الكتلة في هذه المنظومة المصورة في الصورة الفوتوغرافية الأصلية:



شيء ما غريب يحدث في هذه الصورة... تمثّل القمم في الرسم موقع المجرات المرئية، في الصورة الأصلية، ولكن معظم كتلة المنظومة يتركز بين المجرات في توزيع انسيابي ومعتم. في الحقيقة، تحتوي المادة المرئية في المنظومة على أكثر من 40 ضعف حجم الكتلة الموجودة بين المجرات (300 ضعف حجم الكتلة الني تحتويها النجوم وحدها، مع بقية المادة المرئية في الغاز الساخن حولها). ومن الواضح أن المادة المعتمة لا يقتصر وجودها على المجرات فحسب، بل إنها تهيمن على كثافة العناقيد.

لم يفاجأ الفيزيائيون المتخصِّصون في الجزيئات أمثالي حين وجدوا أن المادة المعتمة تهيمن كذلك على العناقيد أيضًا. وعلى الرغم من أننا لا نملك ذرة دليل مباشر، تمنينا جميعًا أن تكون كمية المادة المعتمة كافية لتؤدِّي إلى كون مسطَّح، ما يعني أنه لا بد أن تساوي كمية المادة المعتمة 100 ضعف المادة المرئية في الكون.

إن سبب ذلك بسيط جدًا: إن الكون المسطَّح هو الكون الجميل رياضيًا فقط. لماذا؟ صبرًا جميلًا...

سواء كانت الكمية الكلية للمادة المعتمة كافية لتنتج كونًا مسطحًا أم لا، فإن الملاحظات العلمية التي تشبه الملاحظات التي حصلنا عليها من رصد تعدُّس الجاذبية (أذكرك أن تعدُّس الجاذبية ينتج عن انحناء موضعي local في الفضاء حول الأجسام الضخمة؛ حيث يتعلق تسطُّح الكون بالمتوسِّط الكلي لانحناء الفضاء، متجاهلًا الدوائر الوضعية حول الأجسام الضخمة) والملاحظات الأحدث من مناطق أخرى فلكية، كل هذه الملاحظات العلمية أكَّدت أن الكمية الكلية للمادة المعتمة في المجرات والعناقيد أكبر بكثير من حسابات التخليق النووي nucleosynthesis في الانفجار الكبير. نحن الآن متأكدون بشكل عملي من ضرورة صنع المادة المعتمة -وأعيد مرة أخرى، المادة المعتمة التي تعزَّزت في ضيافة سياقات فلكية مختلفة من المجرات إلى عناقيد المجرات- من شيء ما جديد تمامًا؛ شيء ما لا يوجد عادة على كوكب الأرض. وهذا النوع من المادة الذي غير النجمية، ليس مادة أرضية كذلك. لكنه شيء ما!

لقد خلقت هذه التداخلات الأسبق للمادة المعتمة في مجرتنا مجالًا جديدًا تمامًا في الفيزياء التجريبية experimental physics، ويسعدني

أن أقول إنني لعبت دورًا في تطوُّره. وكما ذكرتُ أعلاه، تحيطنا جزيئات المادة المعتمة في كل مكان، في الغرفة التي أكتب فيها، وفي «الخارج» في الفضاء كذلك. وبالتالي نستطيع أن نجري التجارب لكي نبحث عن المادة المعتمة والنوع الجديد من الجزيء الأوليّ أو الجزيئات التي تشتمل عليها.

تُجرى التجارب في المناجم والأنفاق تحت الأرض... لماذا؟ لأن كل أنواع الأشعة الكونية من أشعة الشمس إلى أشعة أجسام بعيدة ترشقنا بانتظام على كوكب الأرض. وبما أن المادة المعتمة، كما يبدو من اسمها ذاته، لا تتفاعل تفاعلًا كهرومغناطيسيًا لتصدر ضوءًا، فقد افترضنا أن تفاعلاتها مع المواد العادية كما يبدو ضعيفة للغاية، وبالتالي يصعب أن نرصدها. وحتى لو رشقتنا ملايين الجزيئات من المادة المعتمة يوميًا، فإن معظمها سوف يعبر خلالنا ويعبر كوكب الأرض، من دون أن «تعرف» حتى إننا هنا، ومن دون أن نلاحظها. وعليه، لو أردت أن ترصد تأثيرات الاستثناءات النادرة جدا لهذا القانون؛ ذرات المادة التي ترتد بعد ارتطامها بجزيئات المادة المعتمة، فإن من الأفضل أن تستعد لرصد كل حدث نادر وغير نظامي الحدوث. وسوف تكون محميًا حماية كافية تحت الأرض من أن ترشقك الأشعة الكونية فحسب، حتى وإن كان ذلك نظريًا.

من ناحية ثانية، أثناء كتابتي هذه، يبزغ احتمال مثير للجدل بالمقدار نفسه. بدأ مصادم الهدرونات الكبير (LHC) خارج جنيف، سويسرا؛ في العمل للتو، ويُعد أضخم معجِّل جزيئات وأقواها. لكن لدينا العديد من الأسباب، لكي نعتقد أنه في حالة الطاقات العالية جدًا حيث تتحطم البروتونات معًا في الجهاز، سوف يُعاد خلق ظروف مشابهة لتلك التي كانت موجودة أثناء بداية الكون، ولو على مستوى المناطق الصغيرة

ميكروسكوبيًا. ففي هذه المناطق قد تنتج الآن التفاعلات نفسها التي أنتجت في البداية ما هو الآن جزيئات المادة المعتمة خلال بداية الكون المبكرة، والتي قد تنتج جزيئات مشابهة في المعمل! إذن هناك سباق كبير يجري: من سوف يرصد جزيئات المادة المعتمة أولًا: التجارب تحت الأرضية أم التجريبيون في مصادم الهدرونات؟ إن الأخبار الجيدة هي أنه إذا ما فاز أحدهما لن يكون هناك خاسر. بل سنفوز جميعًا، بأن نعلم ماهية المادة النهائية للمادة المعتمة فعلًا.

وحتى إذا لم تكشف القياسات الفلكية الفيزيائية astrophysical measurements التي شرحتها عن هوية المادة المعتمة، فهي تخبرنا عن كميتها الموجودة. ويأتي المحدِّد الأخير والمباشر للكمية الكلية للمادة في الكون من الاستنتاجات الجميلة التي تخرج عن قياسات تعدُّس الجاذبية Gravitational lensing measurements كالمثال الذي شرحته مرفقًا بالملاحظات العلمية الأخرى عن رصد انبعاثات أشعة إكس التي تنبعث من العناقيد. ويمكن الحصول على تقديرات مستقلة عن الكتلة الكلية لهذه العناقيد لأن درجة حرارة الغاز في العناقيد التي تصدر أشعة اكس ترتبط بالكتلة الكلية للمنظومة التي تنبعث فيها. لقد كانت النتائج مدهشة، وكما أشرتُ، مخيّبة لظن العديد منّا كعلماء. ذلك أنه حين بدأ التراب يهدأ، حرفيًا ومجازيًا، قُدِّرت الكتلة الكلية في المجرات والعناقيد وحولهما بنحو ٪30 فقط من الحجم الكلي للكتلة الضرورية لكي تنتج كونًا مسطّحًا. (لاحظ أنها أكثر من 40 ضعف حجم الكتلة التي يمكن أن تحتويها المادة المرئية، والتي تشكل لذلك أقل من 1 ٪ من الكتلة الضرورية لتكوين كون مسطح).

كان يمكن أن يندهش آينشتاين حين يجد أن «بحثه الصغير» فائق الفائدة. وإذ زُوّد هذا البحث بأدوات معملية ورصدية فتحت نافذة جديدة

على الكون، وتطورات نظرية كان يمكن أن تصيبه بالدهشة وتسعده، وخاصة اكتشاف المادة المعتمة التي كان يمكن أن ترفع ضغط دمه على الأرجح، فقد تحوَّلت الخطوة الصغيرة التي خطاها آينشتاين إلى عالم الفضاء المنحني إلى قفزة عملاقة. ومع تسعينات القرن الماضي، حصلنا على الكأس المقدسة Holy Grail لعلم الكون. انتهت بنا الملاحظات العلمية إلى أننا نعيش في كون مفتوح، كون يمكن أن يتمدَّد للأبد.

هل هو حقًا كذلك؟

الفصل الثالث

ضوء من أول الزمان

«كما كان في البداية، يكون الآن، وسوف يكون إلى الأبد».

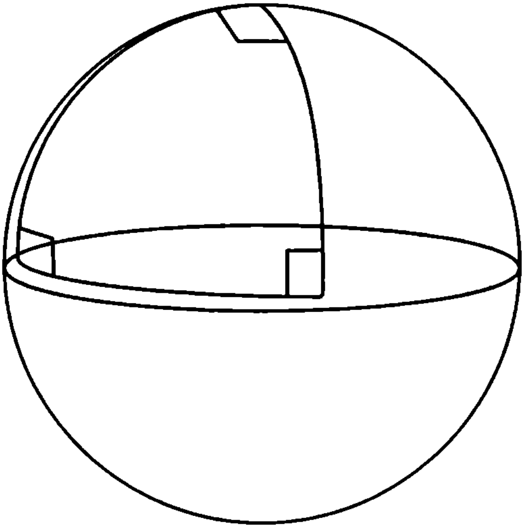
ترنيمة المجد للآب

إذا فكَّرت في المسألة؛ وحاولت تحديد صافي انحناء الكون من خلال قياس الكتلة الكلية التي يحتويها، ثم حاولتُ القيام بتطبيق عكسي لمعادلات النسبية العامة للعمل، ستجد أمامك مشكلات محتملة ضخمة. حتمًا، لا بد أن تتساءل ما إذا كانت المادة تختبئ بطريقة لا نستطيع أن نكتشفها أم لا. فمثلًا، نستطيع أن نبحث عن وجود المادة داخل تلك المنظومات، بأن نستخدم ديناميكيات جاذبية منظومات مرئية مثل المجرات والعناقيد. لو أن كتلة كبيرة ما تكمن -بشكل أو بآخر- في مكان ما بطريقة ما، سوف تفلت منا. ومن الأفضل لنا أن نقيس هندسة الكون المرئي كله مباشرة.

لكن كيف يمكنك أن تقيس هندسة كون مرئي ثلاثي الأبعاد، كله؟

من الأسهل أن نبدأ بسؤال أبسط من هذا: كيف يكون بوسعك أن تحدِّد أن جسمًا ثنائي الأبعاد، مثل سطح كوكب الأرض، منحنيًا أم لا، إذا لم يكن في استطاعتك أن تدور حول كوكب الأرض، أو أن تذهب فوقه في قمر صناعي، وتنظر إليه من أعلى؟

أولًا، تستطيع أن تسأل طالب ثانوي، ما مجموع زوايا المثلث؟ (كن حريصًا أثناء اختيارك للمدرسة الثانوية. على أي حال، مدرسة أوربية ستكون خيارًا جيدًا). سوف يجيبك 180 درجة، لأن الطالب تعلَّم بلا شك الهندسة الأقليدية؛ الهندسة التي ارتبطت بورقة مسطحة. ويمكنك على سطح ثنائي البعد مثل الكرة الأرضية، أن ترسم مثلثًا، مجموع زواياه أكبر بكثير من 180 درجة. على سبيل المثال، فكر في أن ترسم خطًا عموديًا على خط الاستواء بزاوية قائمة، صاعدًا إلى القطب الشمالي، ثم ارسم زواية قائمة أخرى نزولًا إلى خط الاستواء كما هو مبين أدناه. وستجد أن حاصل ضرب 90 في ثلاثة يساوي 270، أكبر بكثير من 180 درجة.. ها هو ما نقصده!



من الواضح أن التفكير الثنائي البعد البسيط، يمتد مباشرة ومتطابقًا إلى ثلاثة أبعاد، لأن الرياضيين الذين قدَّموا في البداية هندسة إقليدية غير مسطَّحة أو كما تسمَّى غير إقليدية، أدركوا أن الاحتمالات ذاتها يمكن أن توجد ثلاثية الأبعاد. في الحقيقة، كان عالم الرياضيات الشهير كارل فريدريك جاوس Carl Friedrich Gauss الذي عاش في القرن التاسع عشر مفتونًا باحتمالية أن يكون كوننا منحنيًا، فحصل على بيانات عقد العشرينات والثلاثينات من القرن التاسع عشر[1] من خرائط المسح الجيوديسي[2] ليقيس المثلثات الضخمة بين قمم الجبال الألمانية هوهر هاجن وإنسلبرج وبروكن لتحديد ما إذا كان يستطيع رصد أي انحناء للفضاء نفسه. وبالطبع، فإن حقيقة أن الجبال تنتصب فوق سطح منحنٍ من الكرة الأرضية تعني احتمالية أن يتداخل الانحناء ثنائي البعد لسطح الأرض، مع أي قياس يطبقه في سياق رصد انحناء في الفضاء الخلفي ثلاثي الأبعاد، الذي تقع فيه الكرة الأرضية، وهو ما عرفه كارل فريدريك بالتأكيد. وأظن أنه كان يخطِّط لطرح هذه الإضافات من نتائجه الأخيرة؛ ليرى ما إذا بقي ثمَّة انحناء يمكن أن يعزوه إلى انحناء الفضاء.

كان أول من حاول قياس انحناء الفضاء بشكل حاسم رياضيًا مغمورًا، هو نيقولاي إيفانوفتش لوباشفسكي Nikolai Ivanovich Lobachevsky، الذي عاش في كازان النائية في روسيا. وعلى النقيض من جاوس، كان لوباشفسكي واحدًا في الحقيقة من عالميّ رياضيات تمتع برعونة جعلته يقدم، مطبوعًا، مشروعًا علميًا عن احتمالية ما يُسمَّى

(1) وحدة مسافة تقاس بالقدم تستخدم في المسح التطبيقي. من عام 1866 إلى عام 1959 حددت الولايات المتحدة القدم بـ1200/ 3937 أي 30.480 060 96 سم، بعد ذلك تم استبداله بالقياس العالمي الذي يساوي 30.48 سم.

(2) علم المساحة التطبيقية الذي يأخذ تقوس الأرض في الاعتبار.

هندسيات منحنى زائدي المقطع، حيث يمكن أن تتفرّق الخطوط المتوازية. ومن اللافت للنظر أن لوباشفسكي نشر عمله في الهندسة الزائدية أو القطعية الزائدية (التي نسمِّيها الآن «انحناءً سلبيًا» أو الأكوان «المفتوحة») في عام 1830.

بعد ذلك بقليل، حين فكَّر لوباشفسكي في ما إذا كوننا ثلاثي الأبعاد قطعيًا زائديًا أم لا، اقترح أن من الممكن «فحص مثلث نجمي سعيًا وراء حل تجريبي عن السؤال». طرح إمكانية تدوين ملاحظات رصد النجم اللامع الشعرى اليمانية[1] حين تقع الأرض في أي من جانبي مداره حول الشمس، على مسافة ستة شهور. واستخلص من الملاحظات العلمية أن انحناء الكون أيًا كان يجب أن يساوي على الأقل 166.000 ضعف نصف قطر مدار الأرض.

إن هذا رقم كبير، لكنه صغير جدًا على سلم المقاييس الكونية Cosmic Scales. ولسوء الحظ، حدَّت تكنولوجيا العصر من انطلاق لوباشفسكي على الرغم من صحة فكرته. من ناحية ثانية، بعد مائة وخمسين عامًا، تطورت الأمور بفضل أهم مجموعة ملاحظات علمية ورصدية شهدها علم الكون عبر تاريخه: قياسات إشعاع الخلفية الميكروني الكوني CMBR.

إن هذه القياسات لا تقل عن الوهج اللاحق للانفجار الكبير. إذ إنها تمدّنا بقطعة أخرى من الدليل المباشر، في حالة ما إذا احتجنا إليه، بأن

(1) هو النجم ألفا في كوكبة الكلب الأكبر، وهي أكثر نجوم السماء كلها لمعانا فهي من القدر - 1,42 وتبعد عنا 8,6 سنة ضوئية، وتقع على خط التابع الرئيسي في مخطط التطور النجمي، وعرفت باليمانية كونها في سماء الجنوب بالنسبة للجزيرة العربية أي جهة اليمن، كما تسمى العبور أيضا عند العرب لأنها عبرت نهر المجرة أثناء لحاقها بأخيها سهيل.

الانفجار الكبير وقع بالفعل، لأنها تتيح لنا أن ننظر إلى الخلف مباشرة وأن نفحص طبيعة الكون الساخن الصغير جدًا الذي انبثقت منه كل المنظومات التي نراها اليوم.

من إحدى هذه الأمور الرائعة عن هذا الإشعاع الكوني، أنه اكتُشِف في نيوجيرسي، دون أي مكان آخر، على يد عالمين لم يملكا أدنى فكرة عمّا يبحثان عنه. الأمر الثاني أنه موجود فعليًا تحت أعيننا جميعًا لعقود، قابل للملاحظة والرصد، لكنه أفلت منّا تمامًا. في الحقيقة، ربما تكون عشت ما يكفي لترى آثاره دون أن تدركه، فإذا كنت تتذكر الأيام التي سبقت كابل التليفزيون، حين اعتادت القنوات التليفزيونية أن تنهي بثها في ساعات الصباح المبكرة جدًا ولا تذيع بثًا تجاريًا طوال الليل، أنه حين تتوقَّف القنوات عن البث المباشر، بعد أن يظهر على الشاشة نموذج اختبار تعود الشاشة إلى التشويش. إن نحو 1 بالمائة من ذلك التشويش الذي تراه على شاشة التليفزيون، كان الإشعاع المتبقي من الانفجار الكبير.

إن أصل إشعاع الخلفية المايكروني الكوني مباشر نسبيًا. وبما أن الكون له عمر نهائي (تذكَّر أنه 13.72 مليار عام)، وأثناء بحثنا عن الأجسام البعيدة جدًا، ننظر رجوعًا أكثر في الزمن (بما أن الضوء يستغرق وقتًا أطول ليصل إلينا من هذه الأجسام)، فيمكنك أن تتخيل أننا لو نظرنا بعيدًا بما يكفي فمن الممكن أن نرى الانفجار الكبير ذاته. نظريًا هذا ليس مستحيلًا، ولكن عمليًا، ينتصب بيننا وبين ذلك الزمن المبكر حائط. ليس فيزيقيًا مثل حيطان الغرفة التي أكتب فيها هذه، بل حائط له إلى حد بعيد التأثير ذاته.

إنني لا أستطيع أن أرى خلف/ عبر الحيطان في غرفتي، لأنها غير شفافة. أي إنها تمتص الضوء. والآن، بينما أتطلَّع إلى السماء رجوعًا في الزمن أكثر وأكثر، فأنا أنظر إلى الكون حين كان أصغر وأصغر في العمر، وأكثر سخونة كذلك؛ فهو يبرد منذ الانفجار الكبير. إذا نظرت إلى الوراء بعيدًا بما يكفي، إلى الزمن الذي كان عمر الكون فيه نحو 300.000 عام،

كانت درجة حرارة الكون نحو 3.000 درجة (مقياس كيلفن) فوق درجة الصفر المطلق. وفي هذه الدرجة الحرارية، كان الإشعاع المحيط قويًا جدًا حتى إنه كان قادرًا على فلق الذرات المهيمنة في الكون؛ ذرات الهيدروجين، إلى مكوناتها المنفصلة؛ البروتون والإلكترون. وقبل هذا الوقت لم تكن المادة المحايدة موجودة. بينما تتكوَّن المادة العادية في الكون من نوى ذرات وإلكترونات من «بلازما» كثيفة، وهي بلازما الجزيئات المشحونة التي تتفاعل مع الإشعاع.

على أي حال، يمكن أن تكون البلازما مادة غير شفافة بالنسبة للإشعاع. تمتص الجزيئات المشحونة في البلازما البروتونات، وتعيد انبعاثها، فلا يستطيع الإشعاع المرور خلال هذا التوالي المتواصل من المادة. لذلك فإنه إذا حاولت أن أنظر رجوعًا في الزمن، فلن أستطيع أن أرى أبعد من الزمن، الذي كانت فيه المادة مشكلة من بلازما هائلة.

ومرة ثانية، تشبه البلازما حيطان غرفتي؛ إذ أستطيع أن أراها (الحيطان) لأن الإلكترونات في الذرات على سطح الحائط تمتص الضوء من المصباح فوق مكتبي ثم تعيد انبعاثها، والهواء الذي بيني والحيطان شفاف، لهذا أستطيع أن أرى الطريق كله إلى سطح الحائط الذي يبعث الضوء. هذا ما يحدث كذلك مع الكون. حين أنظر إليه، أستطيع أن أرى كل الطريق رجوعًا إلى «سطح التشتت الأخير» Last scattring surface، الذي يُعدّ النقطة التي أصبح عندها الكون محايدًا، حيث اتحدت البروتونات مع الإلكترونات لتشكيل ذرات هيدروجين متعادلة كهربائيًا. بعد هذه النقطة، أصبح الكون شفافًا للغاية بالنسبة للإشعاع، وأستطيع أن أرى الإشعاع الآن الذي امتصته الإلكترونات وبعثته مرة أخرى نظرًا لأن المادة في الكون أصبحت متعادلة.

لذلك منحتنا صورة الانفجار الكبير للكون توقعًا بأن هناك إشعاعًا يأتي لي من كل الاتجاهات من «سطح التشتت الأخير» ذاك. وبما أن

الكون يتمدَّد، منذ ذلك الوقت، بمعامل قدره 1.000 تقريبًا، فقد برد الإشعاع في طريقه إلينا ويعادل تقريبًا 3 درجات فوق الصفر المطلق (كيلفن). وتلك هي بالضبط الإشارة التي عثر عليها العالمان سيئًا الحظ في نيوجيرسي في عام 1965، والتي منحتهما فيما بعد جائزة نوبل.

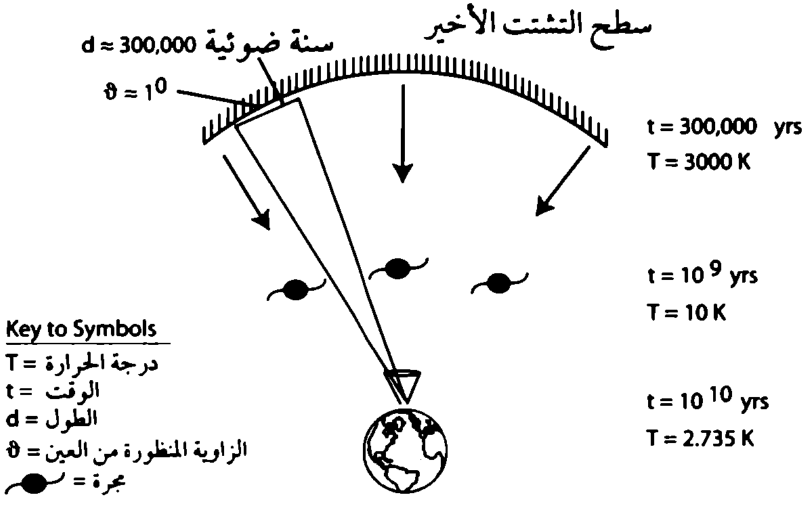
وفي الحقيقة، مُنحت جائزة نوبل -مرَّة أخرى- حديثًا لأبحاث ذات علاقة برصد إشعاع الخلفية المايكروني الكوني، وهذا سبب وجيه بالتأكيد. إذ لو التقطنا صورة لـ «سطح التشتت الأخير»، لاستطعنا أن نحصل على صورة للكون حديث الولادة وعمره 300.000 عام فقط. نستطيع أن نرى كل البُنى التي يمكن أن تنهار ذات يوم لتشكل مجرات ونجوم وكواكب ومخلوقات فضائية وبقية مفردات الكون. والأهم، لم تكن لتتأثر هذه البُنى بكل التطور الديناميكي التالي الذي يمكن أن يضبِّب الطبيعة الخفية، وأصل أول اضطراب أولي primordial perturbations ضئيل في المادة والطاقة، اللذين من المفترض أنه قد أنتجتهما عمليات مذهلة حدثت في اللحظات الأولى من الانفجار الكبير.

على أي حال، فإن الأهم بالنسبة لهدفنا، أنه قد يكون هناك على هذا السطح، مقياس متميز، لا يدمغه إلا الزمن فقط. ويمكن أن نشرح الأمر على النحو التالي: إذا فرضت مسافة تتراوح نحو درجة واحدة على سطح التشتت الأخير كما يراها راصد ما على كوكب الأرض، فهذه المسافة تساوي على ذاك السطح نحو 300.000 سنة ضوئية. وبما أن سطح التشتت الأخير يعكس الزمن الذي كان عمر الكون نفسه فيه نحو 300.000، وبما أن آينشتاين يخبرنا أنه لا يمكن أن تسافر معلومات خلال الفضاء بسرعة أكبر من سرعة الضوء، فهذا يعني أنه لا يمكن أن تسافر إشارة من موقع ما خلال هذا السطح في ذلك الوقت بأسرع من نحو 300.000 سنة ضوئية.

لنفترض الآن كتلة من المادة أصغر من 300.000 سنة عابرة. سوف

تبدأ هذه الكتلة في الانهيار بسبب جاذبيتها الخاصة. لكن في حالة وجود كتلة أكبر من 300.000 سنة ضوئية عابرة، فلن تبدأ الكتلة حتى في الانهيار لأنها لا «تعرف» بعد حتى إنها كتلة. إن الجاذبية، التي تتمدد هي نفسها بسرعة الضوء، لا تستطيع أن تسافر عبر امتداد الكتلة الكلي. لذلك، كما يجري الذئب ويلي Wile E. Coyote مندفعًا في خط مستقيم من حافة جبل ويتدلّى معلقًا في الهواء في حلقات المسلسل الكارتوني روود رنر Road Runner ، فإن الكتلة سوف تظل هناك، في انتظار أن تنهار حين يصبح الكون كبيرًا في العمر، بما يكفي بالنسبة لها، لتعرف ماذا يجب عليها أن تفعل!

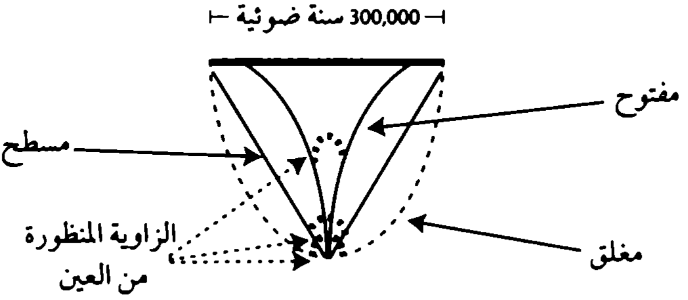
إن هذا يعين مثلثًا خاصًا، أحد أضلاعه طولها 300.000 سنة ضوئية، وهي مسافة معروفة بعيدة عنا، حدَّدتها المسافة بيننا وسطح التشتت الأخير، كما هو مبيَّن أدناه:



سوف تمتد أضخم كتل المادة التي ستبدأ بالفعل في الانهيار وتنتج بناء عليه انحرافات في صورة السطح المايكروني الكوني، هذه الكتل الأضخم

سوف تمتد بقدر هذا المقياس الزاوي. فإذا استطعنا أن نحصل على صورة لهذا السطح كما كان في ذلك الوقت، لأمكن لنا أن نتوقع أن هذه النقاط الساخنة، في المتوسط، أضخم الكتل المهمَّة التي نراها في الصورة.

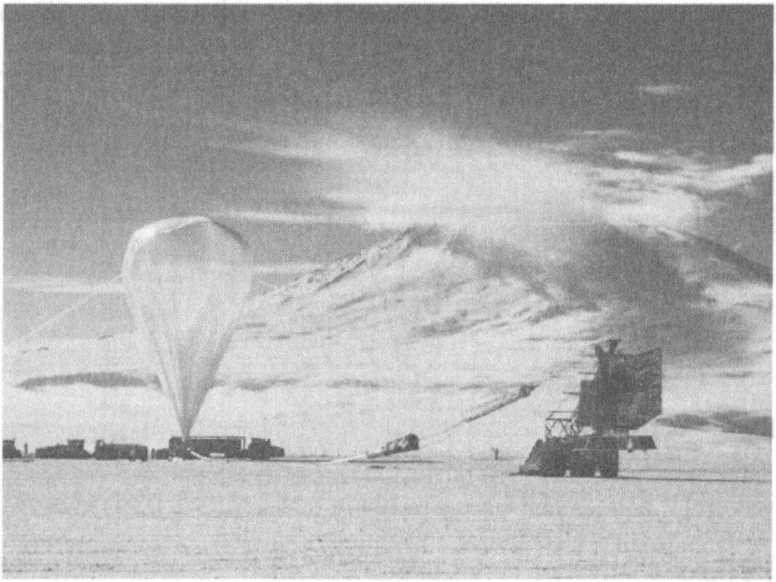
على أي حال، سواء كانت درجة هذا الامتداد الزاوي لهذه المسافة، درجة واحدة بالضبط أم لا، فسوف تحددها في الحقيقة هندسة الكون. في كون مسطَّح، تسافر أشعة الضوء في خطوط مستقيمة. أما في كون مفتوح، من ناحية ثانية، فإن أشعة الضوء تنحني للخارج متبعثرة إذا تتبعها الشخص رجوعًا في الزمن. في كون مغلق، تتجمع أشعة الضوء لتلتقي في نقطة واحدة إذا تتبعناها رجوعًا. ولهذا، فإن الزاوية الحقيقية التي تمتد في نظرنا بمسطرة تبلغ 300.000 سنة ضوئية عابرة، وتقع على مسافة مرتبطة بسطح التشتت الأخير، تعتمد على هندسة الكون كما هو مبيَّن أدناه:



إن هذا يمدنا باختبار مباشر وواضح لهندسة الكون. ونظرًا لأن حجم أضخم النقاط الساخنة أو الباردة في صورة إشعاع الخلفية الكوني يعتمد على السببية فقط، فإن الجاذبية تمتد بسرعة الضوء فقط، ولهذا يمكن أن تنهار أكبر منطقة في ذلك الوقت، والتي تحدِّدها ببساطة أبعد مسافة يمكن لشعاع ضوء أن يمتد خلالها آنذاك، ولأن الزاوية التي نراها تمتد بناء على مسطرة ثابتة، وعلى مسافة ثابتة منا، يحددها انحناء الكون فقط،

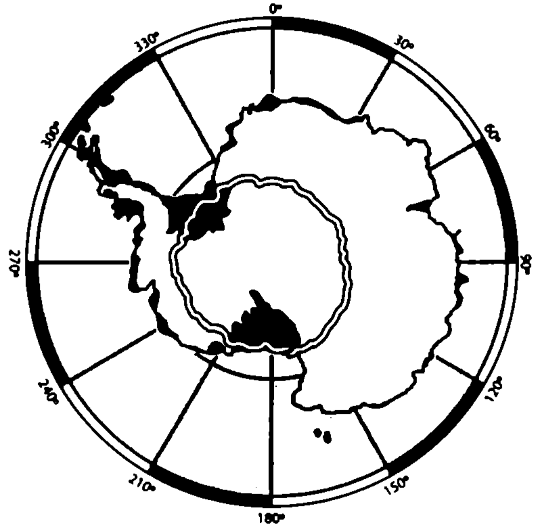
ويمكن أن تكشف صورة بسيطة عن سطح التشتت الأخير، وعن هندسة المكان- الزمان على مقياس ضخم.

كانت أول تجربة لمحاولة رصد هذه الملاحظة هي إطلاق منطاد في القارّة الجنوبية المتجمدة (أنتاركتيكا) في عام 1997 تحت اسم بوومرانج BOOMERANG. وبينما هذه الحروف تشير إلى رصد المنطاد لإشعاع خارج المجرة المليتري والجيو فيزيائي Balloon Observations of Millimetric Extragalatic and Geophysics، فإن السبب الحقيقي وراء هذه التسمية كان بسيطًا. كما تم إلحاق مقياس إشعاع كهرومغناطيسي بمنطاد طويل كما هو مبيَّن:



دار المنطاد حول العالم، وهو أمر يسهل عمله في أنتاركتيكا. وفي الحقيقة، من السهل حقًا فعل ذلك الدوران في القطب الجنوبي؛ وبما أنك تستطيع أن تدور في دائرة فقط. وعلى أي حال، استغرقت الرحلة حول القارة من محطة مكمردو McMurdo Station، بمساعدة الرياح

القطبية، أسبوعين، عاد بعدها الجهاز إلى نقطة انطلاقه، ولهذا سُمِّيَ بوومرانج[1].



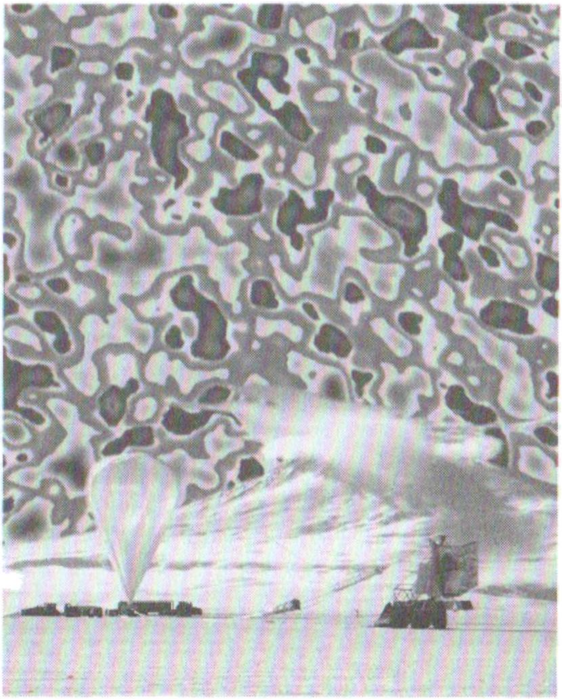
مسار بوومرانج حول القارة المتجمدة الجنوبية

كان الهدف وراء رحلة المنطاد بسيطًا. لكي تحصل على صورة للإشعاع المايكروني، يعكس درجة حرارة 3 فوق الصفر المطلق (بمقياس كيلفن)، غير ملوثة بمادة أكثر سخونة على كوكب الأرض (حتى درجة الحرارة في أنتاركتيكا أكثر سخونة بمقدار مائتي درجة من درجة حرارة الإشعاع الكوني)، إننا نرغب بالذهاب إلى أبعد ما يمكننا أعلى سطح الأرض، بل وحتى إلى أعلى نقطة في الغلاف الجوي لكوكب الأرض. عادة نستخدم الأقمار الصناعية لتحقيق هذا الهدف،

(1) Boomerang: سلاح استخدم للصيد من قبل سكان أستراليا الأصليين، وهو في الأصل عصا منحنية من الخشب، يتم قذفها في الهواء فتدور وتعود إلى نقطة انطلاقها. تعد اليوم رياضة، وتصنع من الخشب والبلاستيك.

لكن المناطيد القابلة للطيران لارتفاعات عالية، يمكن أن تؤدي الغرض بتكلفة أقل.

على أي حال، عاد بوومرانج بعد أسبوعين، بصورة لجزء صغير للسماء المايكرونية، التي تظهر نقاطًا ساخنة وباردة في النموذج الإشعاعي الذي يأتي من سطح التشتت الأخير. إن الصورة التالية صورة لإحدى النقاط التي رصدتها تجربة بوومرانج (ظُلِّلت «النقاط الساخنة» و «النقاط الباردة» بظلال داكنة وفاتحة على التوالي) مُركَّبة فوق الصورة الأصلية للتجربة:



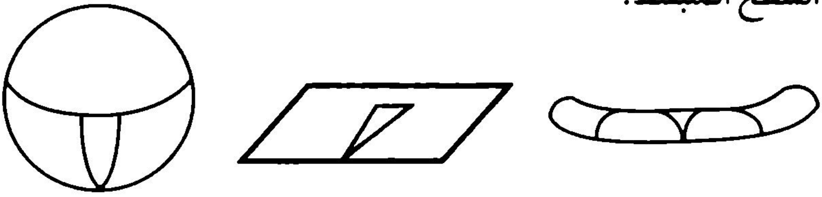
تحقق هذه الصورة هدفين على حد علمي، أولهما، تظهر المقياس الفيزيائي الفعلي للمناطق الساخنة والباردة كما رآها بوومرانج في السماء، مع صور الخلفية للمقارنة بينهما. ولكنها تبين كذلك جانبًا آخر عمًّا يمكن

أن نسميه «قصر نظر كوني» cosmic myopia. فحين ننظر إلى الأعلى في يوم مشمس، نرى سماء زرقاء، كما يظهر في الصورة السابقة للمنطاد. وسبب ذلك أننا تطورنا بشكل يجعلنا نرى الضوء المرئي.. نراه بلا شك بسبب الضوء من سطح قمم شمسنا في المنطقة المرئية؛ وبسبب أن عديدًا من أطوال الموجة الأخرى للضوء تمتص في الغلاف الجوي، لذا فإنها لا تستطيع أن تصل إلينا على سطح كوكب الأرض. (وهذا من حسن حظنا، نظرًا لأن كثيرًا من الإشعاع يمكن أن يكون ضارًا). على أي حال، لو كنا قد تطوَّرنا لـ «نرى» الإشعاع المايكروني، كان من الممكن أن تأخذنا صورة السماء التي نراها -ليلًا أو نهارًا، طالما لا ننظر مباشرة إلى الشمس- إلى صورة سطح التشتت الأخير، أي إلى مسافة تصل إلى أكثر من 13 مليار سنة ضوئية. هذه هي «الصورة» التي عاد بها مكشاف بوومرانج.

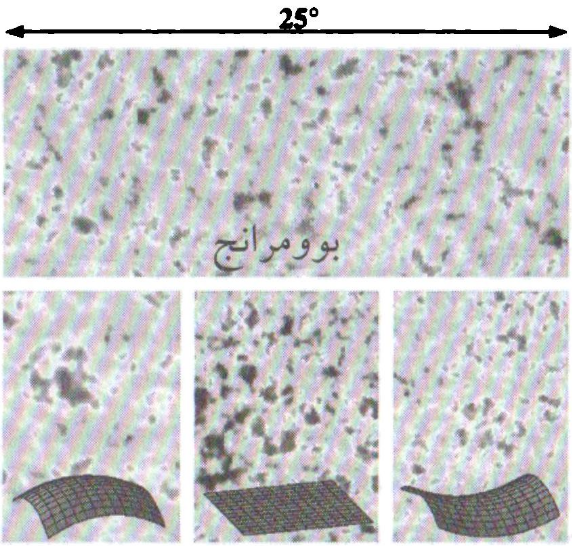
كانت الرحلة الأولى التي قام بها بوومرانج، التي أسفرت عن هذه الصورة، رحلة محظوظة جدًا. على الرغم من أن بيئة أنتاركتيكا بيئة عدائية ومتقلبة. وفي رحلة أخرى عام 2003، ضاعت التجربة كلها تقريبًا بسبب خلل أصاب المنطاد تلاه هبوب عاصفة. أنقذ اليوم قرارٌ، في اللحظة الأخيرة، منطادًا قبل أن ينجرف إلى موقع يتعذَّر الوصول إليه، حيث وجدت بعثة البحث والإنقاذ موقع الحمولة على سهل أنتاركتيكا واسترجعت مكيف الضغط الذي يحمل البيانات العلمية.

قبل أن نفسِّر صورة بوومرانج، أريد أن أؤكد مرة ثانية أن الحجم الفيزيقي الحقيقي للنقاط الساخنة والباردة التي سجلتها صورة بوومرانج، حجم ثابت بسبب الفيزياء البسيطة التي تحكم سطح التشتت الأخير، في حين أن الأحجام القياسية لهذه النقاط في الصورة مستقاة من هندسة الكون. ربما تساعد مقارنة مع هندسة ثنائية الأبعاد بسيطة في توضيح النتيجة أكثر: في البعد الثنائي، تماثل **الهندسة المغلقة** سطح الكرة، بينما تشبه **الهندسة المفتوحة** سطح السرج أو الحامل. وإذا رسمنا مثلثًا على

هذين السطحين، فإننا سنلاحظ التأثير الذي وصفته، إذ تتجمَّع الخطوط المستقيمة على الكرة وتتشتت على السرج، وتظل بالطبع مستقيمة على السطح المنبسط:

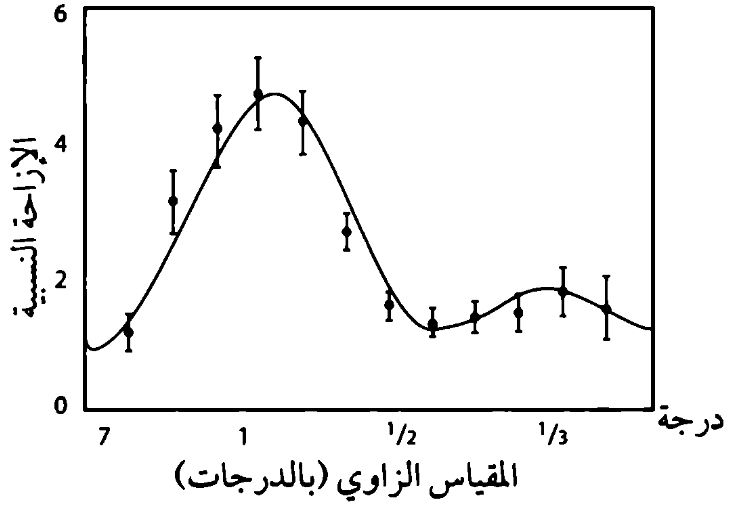


لذا فإن السؤال الذي يساوي مليون دولار الآن هو: كم حجم النقاط الساخنة والباردة في صورة بوومرانج؟ للإجابة عن هذا السؤال، أعدَّ فريق بوومرانج عدة صور محاكية على الكمبيوتر للنقاط الساخنة والباردة كما يمكن أن تكون في أكوان مغلقة ومسطحة ومفتوحة، وقارنها بصورة (ملوّنة ومزيّفة) للسماء المايكرونية الفعلية.



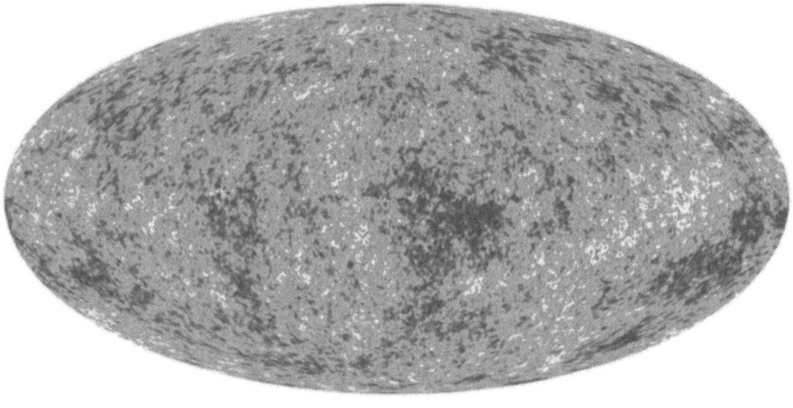
إذا تمعَّنت في الصورة التي تقع على اليسار إلى الأسفل، صورة محاكاة كون مغلق، سوف ترى أن متوسط النقاط أكبر من متوسط النقاط التي توجد في الكون الفعلي. بينما على اليمين، يكون متوسط حجم النقاط أصغر. لكن، مثلما هو سرير الدب الطفل في القصة الشهيرة «ذات الشعر الذهبي والدببة الثلاثة»، فإن الصورة التي تقع في المنتصف، والتي تعادل محاكاة الكون المسطح هي صورة «صحيحة تمامًا». يبدو أن الكون الجميل رياضيًّا. الذي تطلع إليه العلماء النظريون قد أثبتته هذه الملاحظات العلمية، على الرغم من أنه يبدو متناقضًا كثيرًا مع التقدير الذي تم عن طريق وزن عناقيد المجرات.

في الحقيقة، يشكِّل الانسجام بين التوقعات عن كون مسطح والصورة التي التقطها بوومرانج أمرًا محرجًا تقريبًا. إذ خرج فريق بوومرانج بالرسم البياني التالي بعد أن فحص النقاط وبحث عن الأكبر منها، والتي كان لديها الوقت لتنهار إلى الداخل في الزمن، الذي يعكسه سطح التشتت الأخير:



إن البيانات هي النقاط. ويعكس الخط المصمت التوقع بكون مسطح، مع أكبر ارتطام وقع بالقرب من درجة واحدة.

ومنذ أن نشر بوومرانج نتائجه، أطقلت ناسا مسبارًا فضائيًا أكثر حساسية، يبحث عن إشعاع الخلفية المايكروني: مسبار ويلكنسون لقياس اختلاف الموجات الراديوية WMAP. سمِّي تكريمًا للفيزيائي الراحل داڤيد ويلكنسون، الذي كان واحدًا من فيزيائيي برينستون الأوائل الذي كان يجب أن يكتشف إشعاع الخلفية المايكروني الكوني لولا أن سبقه علماء معامل بيل Bell Labs. أرسل مسبار ويلكنسون إلى مسافة مليون ميل من كوكب الأرض، حيث يمكن رؤية السماء المايكرونية في الجانب البعيد من كوكب الأرض عن الشمس من دون أن تتأثر بتلوثها. وخلال فترة سبع سنوات تم تصوير السماء المايكرونية كلها (ليس جزءًا من السماء فقط كما فعل بوومرانج، بما أنه اكتفى بوجود الأرض تحته) بدقة غير مسبوقة.



ها هي السماء كلها فوق مسطح، تمامًا كما يمكن رسم الكرة الأرضية فوق خريطة مسطحة. إن مسطح مجرتنا يمكن أن يتعامد على خط الاستواء، وعلى ارتفاع 90 درجة منه نجد القطب الشمالي على

هذه الخريطة، وعلى 90 درجة أسفله القطب الجنوبي. ومن ناحية ثانية، قمت بإزالة صورة المجرة من الخريطة لكي أعكس فقط الإشعاع القادم من سطح التشتت الأخير.

بهذه البيانات الرائعة، يمكن حساب تقدير أكثر دقة لهندسة الكون. تؤكد خريطة مسبار ويلكنسون، وبدقة تصل إلى 99 ٪ تماثل صورة بوومرانج التي عرضناها، أننا نعيش في كون مسطح! لقد كانت توقعات العلماء النظريين صحيحة. ومع ذلك، لا نستطيع أن نتجاهل اللاتساوق الواضح الظاهر لهذه النتيجة مع تلك التي شرحتها في الفصل السابق. إن حصيلة وزن الكون بقياس كتلة المجرات والعناقيد هي عامل قيمة أصغر ثلاث مرات من الكمية الضرورية ليتشكل كون مسطح. ومن ثمَّ يجب أن تتغير واحدة من هاتين النتيجتين.

وبينما كان العلماء النظريون يهنئون أنفسهم على صحة تخمينهم بأن الكون مسطح، لم يكن أحدهم تقريبًا مستعدًا للمفاجأة التي تعدّها الطبيعة لهم؛ إنها تدَّخر ما يحل التقديرات المتناقضة عن هندسة الكون التي تأتي من قياس الكتلة في مقابل قياس الانحناء مباشرة. لقد اتضح أن الطاقة المفقودة المطلوبة لوجود كون مسطح تختبئ تحت أعيننا مباشرة، وحرفيًا.

الفصل الرابع

جعجعة بلا طحن

«الأقل هو الأكثر».

لودفج مييس ڤان دير روه[1]، عن روبرت براوننج[2]

يبدو أن منهجنا في البحث عن فهم لكوننا ومنحه شكلًا دقيقًا هو خطوة للأمام، وخطوتين للوراء. فعلى الرغم من أن الملاحظات العلمية حسمت بشكل نهائي، مسألة انحناء كوننا- وكذلك الشكوك النظرية الطويلة الأمد الصحيحة- فجأة؛ وعلى الرغم من أنه كان معلومًا أن الكون يحتوي على 10 أضعاف كمية المادة التي تعزى إلى البروتونات

---

(1) Ludwig Mies Van Der Rohe,
(1886ـ 1969) من أشهر معماريي القرن العشرين شهرة. امتلك فلسفته المعمارية الخاصة التي وصفت بعبارة: «الأقل هو الأكثر».

(2) Robert Browning,
(1812ـ1889) شاعر وكاتب مسرحي إنجليزي، من أشهر شعراء العصر الفيكتوري.

والنيوترونات، بل حتى على الرغم من وجود الكمية الكبيرة من المادة المعتمة، التي تشكل ثلاثين بالمائة مما هو ضروري لوجود كون مسطح- على الرغم من كل هذا، فهو لا يكفي إطلاقًا لتفسير كل الطاقة في الكون. إن القياس المباشر لهندسة الكون والاكتشاف التالي له بأن الكون بالفعل مسطح يعني أن 70 بالمائة من طاقة الكون لا تزال مفقودة، فلا هي في المجرات ولا حولها أو حتى في عناقيد المجرات!

لم تكن الأشياء صادمة كما صوِّرت. بل كانت هناك علامات، حتى قبل قياسات انحناء الكون، وتقدير الكتلة العنقودية الكلية داخله (كما شرحت في الفصل الثاني)- علامات تقول إن الصورة النظرية التقليدية في ذلك الوقت عن كوننا (مع المادة المعتمة الكافية، وهي ثلاثة أضعاف ما نعرف الآن في الحقيقة، ليكون مسطحًا مكانيًا) لم تكن منسجمة مع الملاحظات العلمية. لقد كتبت في أوائل عام 1995، بالتعاون مع زميل لي، هو مايكل ترنر Michael Turner من جامعة شيكاغو، بحثًا هرطقيًا، يقترح أن الصورة التقليدية لا يمكن أن تكون صحيحة، وأن الاحتمال الوحيد في الحقيقة، الذي يبدو منسجمًا مع كل من، كون مسطح (تفضيلنا النظري في ذلك الوقت) والملاحظات العلمية عن عنقودية المجرات وديناميكياتها الداخلية هو كون غريب إلى أقصى حد، ويجد صداه في فكرة نظرية مجنونة طرحها آينشتاين في عام 1917 لحل التناقض الظاهري بين توقعات نظريته والكون الاستاتيكي، الذي أعتقد أننا نعيش فيه والذي هجرها لاحقًا.

وعلى حسب ما أحاول أن أتذكر، كان دافعنا في ذلك الوقت أن نبين أن ثمَّة شيئًا ما خاطئًا يشوب الرأي السائد أكثر من أن نقترح حلًا نهائيًا للمشكلة. بدا مشروعنا المقترح مجنونًا جدًا لكي يصدقه أحد بالفعل،

لذلك، لا أعتقد أن شخصًا ما أصابته دهشة أكبر منا حين اتضح بعد ثلاث سنوات أن اقتراحنا الهرطقي كان في محله تمامًا في النهاية!

فلنعد إلى عام 1917، ونتذكَّر أن آينشتاين طوَّر النسبية العامة، وخفق قلبه من الفرح حين اكتشف أن بإمكانه شرح الحركة البدارية للحضيض الكوكبي لعطارد perihelion of Mercury، حتى وإن كان عليه مواجهة حقيقة أن نظريته لا يمكن أن تشرح الكون الاستاتيكي، الذي أعتقد أننا نعيش فيه.

لو أنه تمتع بشجاعة بشأن قناعاته، لـ توقع أن الكون لا يمكن أن يكون استاتيكيًا. لكنه لم يتمتع بهذه الشجاعة. بدلًا عن هذا، أدرك أن بإمكانه أن يجري تعديلًا صغيرًا على نظريته؛ تعديل انسجم مع الأطروحات الرياضية التي قادته إلى تطوير النسبية العامة في المقام الأول، وبدت أنها قد تسمح بكون استاتيكي.

وفي حين أن تفصيلات معادلات آينشتاين في النسبية العامة معقدة، فإن بنيتها العامة مباشرة نسبيًا.

فالجانب الأيسر من المعادلات يصف انحناء الكون، ومعه قوة قوى الجاذبية التي تعمل على المادة والإشعاع. وتحدِّد هذه القوة، على الجانب الأيمن من المعادلة، الكمية التي تعكس الكثافة الكلية لكل أنواع الطاقة والمادة في الكون.

لقد أدرك آينشتاين أن إضافة حد ثابت[1] صغير زائد إلى الجانب الأيسر من المعادلة يمكن أن يمثل القوة المنفرة[2] الثابتة الزائدة الصغيرة

---

(1) في الرياضيات، الحد الثابت هو تعبير جبري يتمتع بقيمة ثابتة أو لا تتغير. مثل: س^2 + 2س + 3. 3 حدا ثابتا. أو قد يأتي رمزا.

(2) القوة التي تعمل على إبعاد الأجسام عن بعضها بعضا، مثل القوة بين الجسيمات المشحونة بشحنات موجبة، أو بشحنات سالبة.

خلال الفضاء كله بالإضافة إلى قوى الجاذبية بين الأجسام البعيدة التي تتناقص مع تزايد المسافة بينها. فلو أن هذه القوة الزائدة صغيرة، قد لا تستطيع المقاييس البشرية كشفها أو حتى مقاييس نظامنا الشمسي، حيث يسود قانون نيوتن محافظا على النظام الشمسي بجمال. لكنه علّل هذا أنها قد تتعاظم خلال مقاييس كوننا لأنها ثابتة خلال كل الفضاء، وضخمة بما يكفي لتقاوم القوى الجاذبة بين الأجسام البعيدة جدًا. لذلك علل هذا بكون استاتيكي على مستوى المقاييس الأضخم.

أطلق آينشتاين على هذا الحد الزائد مصطلح: الحد الكوني cosmological term. ولأنه ببساطة حد مضاف إلى المعادلات، فمن العرف الآن، من ناحية ثانية، أن يسمَّى الثابت الكوني cosmological constant[1].

وما إن أدرك آينشتاين أن الكون يتمدَّد فعليًا، تخلَّى عن هذا الحد وقيل إنه نعت القرار، حين أراد أن يضيفه لمعادلاته، بأنه أفدح أخطائه.

لكن ليس من السهل التخلص منه. فذلك يشبه إرجاع معجون الأسنان إلى الأنبوبة بعد أن أخرجته منها. لأن لدينا صورة مختلفة تمامًا

(1) إن الثابت الكوني ببساطة هو قيمة كثافة طاقة الفضاء الخاوي vacuum space؛ والخواء هو فضاء خال من المادة، وهو منطقة ذات ضغط غازي أقل بكثير من الضغط الجوي. يجب إيضاح هذه المصطلحات هنا قبل الانتقال إلى الصفحات التالية من الكتاب حيث يشرح الكاتب ماذا يعني بكلمة: لا شيء... ببساطة هو يعني بها الخواء، ولا يعني اللاوجود non-being كما حاول أن يوضح في مقدمة الكتاب. أخيرا يجب الإشارة إلى أنه ثبت صحة الثابت الكوني لآينشتاين- بعد أن ظن البعض أنه يتغير مع الزمن- إن الثابت الكوني هو السبب في زيادة سرعة تمدد الكون؛ بمعنى أن إحدى الصفات المهمة للطاقة المعتمة أنها تنساب بسرعة أقل بكثير من المادة أثناء تمدد الكون، كما أنها تنعقد بضعف أكبر من المادة، أو لا تنعقد أبدا، وأن الثابت الكوني هو أبسط شكل محتمل للطاقة المعتمة وثابت في المكان والزمان، ويمكن الرجوع إلى نموذج لامبدا للمادة المعتمة Lambda-CDM لمزيد من التوضيح.

عن الثابت الكوني اليوم، فلو كان آينشتاين لم يضِف الحد، كان يمكن أن يضيفه شخص آخر في تلك السنوات.

إن تحريك حد آينشتاين من الجانب الأيسر من معادلاته إلى الجانب الأيمن خطوة صغيرة بالنسبة للرياضي لكنها قفزة هائلة بالنسبة للفيزيائي. وفي حين أنها خطوة تافهة رياضيًا، فما إن يصبح هذا الحد على الجانب الأيمن، حيث كل الحدود التي تسهم في طاقة الكون، فهو يمثل شيئًا ما مختلفًا تمامًا من المنظور الفيزيائي؛ إسهامًا جديدًا للطاقة الكلية في الأساس. لكن ما نوع المادة التي يمكن أن يسهم بها هذا الحد؟

الإجابة هي: لا شيء.

وبكلمة لا شيء لا أعني لا شيء، بل بالأحرى لا شيء، في هذه الحالة، تعني اللاشيء الذي نطلقه عادة على الفضاء الفارغ[1]. بمعنى، لو أنني أخذت منطقة من الفضاء وتخلَّصت من كل شيء فيها؛ تراب، وغاز، وناس، وحتى الإشعاع الذي يمر خلالها؛ كل شيء على الإطلاق ضمن هذه المنطقة؛ لو أن الفضاء الفارغ المتبقي يزن وزنًا ما (شيئًا ما)، فهذا إذن سوف يعادل وجود الحد الكوني الذي ابتكره آينشتاين.

إن هذا يجعل الثابت الكوني لآينشتاين أكثر جنونًا! إن أي طالب في الصف الرابع سوف يخبرك عن كم الطاقة التي يحتويها اللاشيء، حتى لو أنه لا يعرف ماهية الطاقة. ويجب أن تكون الإجابة: لا شيء.

للأسف، لم يدرس معظم طلاب الصف الرابع ميكانيكيا الكم، أو النسبية. ذلك أنه حين يدمج الشخص نتائج النظرية الخاصة في النسبية لآينشتاين مع الكون الكمي، يصبح الفضاء الفارغ أكثر غرابة عمَّا كان من

(1) يشرح المؤلف هذه النقطة شرحا وافيا في مقدمتَيْ الكتاب. ويعود لتناولها في الفصل التاسع ثم في قسم الأسئلة والأجوبة مع نهاية هذا الكتاب.

قبل. وما يثير الغرابة حقًا إلى هذا الحد، أن الفيزيائيين الذين كانوا أول من اكتشف هذا السلوك الجديد وحلّلوه، كان من الصعب عليهم بشدة أن يصدقوا أنه يوجد فعليًا في العالم الواقعي.

كان أول من دمج بنجاح نظرية النسبية مع ميكانيكا الكَم، العبقري الفيزيائي النظري البريطاني بول ديراك Paul Dirac، الذي لعب دورًا رائدًا في تطوير ميكانيكا الكَمّ نظريًا.

تطورت ميكانيكا الكم من عام 1912 إلى عام 1927، خلال عمل الفيزيائي الدانماركي الأيقوني والعبقري نيلز بوهرNiels Bohr، والماهر الشاب العبقري الأسترالي الفيزيائي إروين شرودنجر Erwin Schrödinger والفيزيائي الألماني فرنر هايزنبرج Werner Heisenberg.

نظرية الكم التي قدَّمها بوهر أولًا، ودقَّقها شرودنجر وهايزنبرج تتحدَّى رياضيًا كل المفاهيم العامة التي قامت بناء على تجربتنا مع الأجسام على مستوى المقياس البشري. اعتبر بوهر في البداية أن الإلكترونات في الذرات تدور حول النواة المركزية، كما تفعل الكواكب حول الشمس، لكنه أوضح أنه يمكن فهم القوانين المرئية للطيف الذري (ترددات الضوء الذي تبعثه العناصر المختلفة) إذا اقتصرت حركة الإلكترونات بطريقة ما في مدارات ثابتة في مجموعة ثابتة من «المستويات الكمية quantum levels»، ولا تستطيع أن تتخذ مسارات حلزونية بحرية تجاه النواة. إذ إنها تستطيع أن تتحرك بين المستويات بأن تمتص ترددات الضوء المنفصلة أو كمَّات quanta الضوء أو بعثها؛ الكمات ذاتها الذي قدمها ماكس بلانك في 1905 باعتبارها طريقة لفهم أشكال الإشعاع الذي تبعثه الأجسام الساخنة.

على أي حال، جاءت «قوانين الكم أو الاستكمام Quantization

rules» لبوهر لهذا الغرض. في عشرينات القرن الماضي، أوضح شرودنجر وهايزنبرج، منفصلَيْن عن بعضهما، أنه من الممكن استخلاص هذه القوانين من المبادئ الأولى، إذا أطاع الإلكترون قوانين الحركة التي كانت تختلف عن تلك المطبَّقة على الأجسام التي تُرى بالعين المجرَّدة مثل كرة السلة. ومن الممكن أن تتصرَّف الإلكترونات باعتبارها موجات كما يمكن أن تتصرَّف باعتبارها جزيئات، إذ يبدو أنها تنتشر في المكان (ومن هنا جاءت «الدالة الموجية[1] wave function» للإلكترونات على يد شرودنجر)، وأوضح أن محصلة نتائج قياسات خصائص الإلكترونات هي محدِّدات ترجيحية فقط، مع مزيج متنوع من الخصائص المختلفة لم يتم قياسها بدقة في الوقت نفسه (ومن هنا جاء «مبدأ اللايقين Uncertainity Principle» لهايزنبرج).

أظهر ديراك أن الرياضيات التي قدمها هايزنبرج لوصف النُظُم الكمّية (حصل عنها على جائزة نوبل 1932) يمكن استنباطها بالقيام بقياس حذر مع القوانين المعروفة تمامًا، التي تحكم حركة الأجسام العيانية الكلاسيكية. علاوة على ذلك، استطاع هايزنبرج فيما بعد أن يبين أن «ميكانيكا الموجة» الرياضية لشرودنجر يمكن استنباطها تماما كذلك، وأنها تعادل منهجيا صيغة هايزنبرج. إلا أن ديراك عرف كذلك أن ميكانيكا الكم لبوهر وهايزنبرج وشرودنجر، مع تميزها، التي تنطبق فقط على المنظومات التي تحكمها قوانين نيوتن وليس نسبية آينشتاين، كان يمكن أن تكون القوانين المناسبة التي تحكم المنظومات الكلاسيكية التي بُنيت المنظومات الكَمّية قياسًا عليها.

فضّل ديراك أن يفكِّر رياضيًا على أن يتخيل، وفي الوقت الذي ركز

(1) الدالة الموجية هي أداة لوصف الجسيمات وحركتها وتأثرهابجسيمات أخرى، وذلك لأننا لا نستطيع -طبقا لمبدأ اللايقين- تحديد سرعة وموضع جسيم ما بدقة.

انتباهه في محاولة التوفيق بين ميكانيكا الكمّ و قوانين آينشتاين للنسبية، بدأ يلعب بأنواع مختلفة عديدة من المعادلات. شملت النظم الرياضية المعقدة متعددة العناصر التي كانت ضرورية لدمج خاصية «اللف المغزلي spin» التي تتمتع بها الإلكترونات؛ والتي تعني أنها تدور حول نفسها مثل القمم الصغيرة وتتمتع بعزم زاوي angular momentum ، وتستطيع كذلك أن تدور باتجاه عقارب الساعة وعكسها حول أي محور.

في عام 1929، اكتشف ديراك اكتشافًا مهمًا. تصف معادلة شرودنجر بجمال ودقة سلوك الإلكترونات التي تتحرك بسرعة أبطأ كثيرًا من الضوء. وجد ديراك أنه لو قام بتعديل معادلة شرودنجر إلى معادلة أكثر تعقيدًا مستخدمًا الأجسام التي تسمَّى المصفوفات -وهو ما يعني بالفعل أن معادلته تصف حقًا مجموعة من أربع معادلات مزدوجة مختلفة- يمكنه أن يوحِّد بتناغم بين ميكانيكا الكم والنسبية، وبالتالي يصف، نظريًا، سلوك المنظومات التي تتحرَّك فيها الإلكترونات بسرعات أكبر.

من ناحية أخرى، كانت هناك مشكلة؛ كتب ديراك معادلة قصد منها أن تصف سلوك الإلكترونات أثناء تفاعلها مع المجالين الكهربائي والمغناطيسي، لكن معادلته بدت بحاجة كذلك إلى وجود جزيئات جديدة مثل الإلكترونات تمامًا، لكن ذات شحنة كهربائية معاكسة.

في ذلك الوقت، كان هناك جزيء أساسي واحد فقط في الطبيعة معروفًا بأنه ذو شحنة معاكسة للإلكترون: البروتون. لكن البروتونات لا تشبه إطلاقًا الإلكترونات. فهي أثقل منها 2000 مرة! اضطرب ديراك. وبشكل يائس افترض جدلًا أن الجزيئات الجديدة هي بروتونات في الحقيقة، ولكنها حين تتحرَّك خلال الفضاء سوف تتسبَّب تفاعلاتها في أن تتصرَّف كما لو أنها أثقل. لم يحتج الأمر وقتًا طويلًا من الآخرين، بمن فيهم هايزنبرج، ليبينوا أن هذا الاقتراح عقيم.

جاءت الطبيعة سريعًا للانقاذ. خلال سنتين قدَّم ديراك معادلته، وبعد عام سَلم بأنه في حال ثبوت صحة المعادلة، فهناك إذن جزيء جديد، كما اكتشف العلماء الذين يبحثون في الأشعة الكونية التي ترشق الأرض أدلة على وجود جزيئات جديدة تتطابق مع الإلكترونات لكنها ذات شحنة معاكسة لها، التي تسمَّى البوزيترونات positrons.

ثبتت براءة ديراك، لكنه أدرك كذلك عدم ثقته السابقة في نظريته حين قال لاحقًا، إن معادلته كانت أذكى منه!

نسمّي البوزيترون الآن الجزيء المضاد antiparticle للإلكترون، لأنه اتضح أن اكتشاف ديراك يوجد في كل مكان. تتطلّب الفيزياء ذاتها، التي تحتاج إلى وجود جزيء مضاد للإلكترون، وجود جزيء مضاد مماثل واحد لكل جزيء أوليّ تقريبًا في الطبيعة. فعلى سبيل المثال، للبروتونات مضادات: «مضاد البروتون». إن بعض الجزيئات المتعادلة حتى مثل النيوترون لديه مضاد له. وحين تلتقي الجزيئات ومضاداتها، فإنها تفنى annihilate إلى إشعاع نقي.

في حين يبدو كل هذا خيالًا علميًا (وبالفعل تلعب المادة المضادة anti-matter دورًا مهمًا في ستار ترك Star Trek[1]) فإننا نقوم طوال الوقت بتصنيع جزيئات مضاد في معجّلاتنا الجزيئية حول العالم. وبما أن الجزيئات المضادة مع ذلك، تتمتع بخواص الجزيء ذاتها ، فإنه يسلك عالم المادة المضادة بالطريقة ذاتها التي يسلك بها عالم المادة؛ مع «مضادات عشاق» يجلسون في «مضادات سيارات» يتبادلون الحب تحت «مضاد القمر». نعتقد أنها مجرَّد مصادفة في شروطنا، بسبب

---

(1) مسلسل خيال علمي أمريكي، يتحدث عن تحالف فيدرالي بين المجرات. وهو عنوان كتاب للمؤلف كذلك.

عناصر أكثر عمقًا -نوعًا ما- سوف نتناولها لاحقًا، أننا نعيش في كون مصنوع من المادة وليس من المادة المضادة أو من كمية متساوية من كليهما. أحب أن أقول، بينما تبدو المادة المضادة غريبة، فهي غريبة بالمعنى الذي تحمله جملة «إن البلجيكيين غرباء». فهم ليسوا غرباء حقًا؛ وإنما من النادر أن تلتقي بهم فحسب.

إن وجود المادة المضادة يجعل من العالم المرئي مكانًا أكثر إثارة للاهتمام، لكنه ينتهي إلى أن يجعل الفضاء الفارغ أكثر تعقيدًا بكثير.

كان الفيزيائي الأسطوري ريتشارد فاينمان Richard Feynman أول شخص يقدم فهمًا بديهيًا لسؤال لماذا تحتاج النسبية إلى وجود المادة المضادة، وهو ما نتج عنه كذلك شرح تخطيطي بأن الفضاء ليس فارغًا تمامًا.

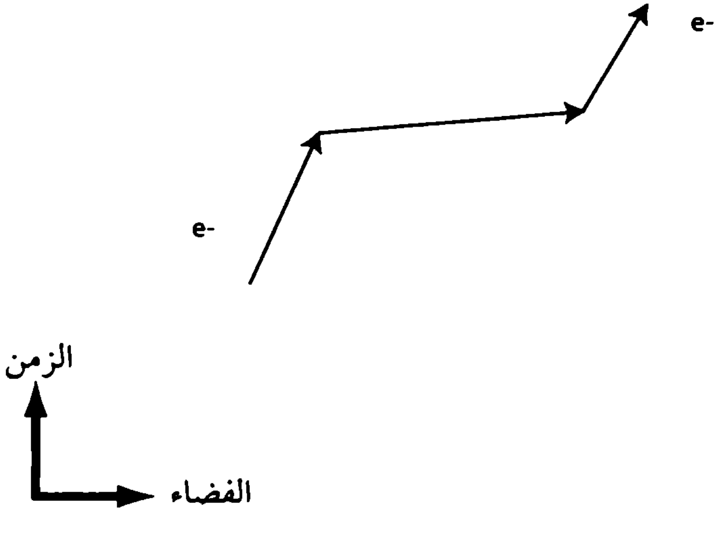
أدرك فاينمان أن النسبية تخبرنا بأن الراصدين الذي يتحرَّكون بسرعات مختلفة سوف يحصلون على قياسات مختلفة للكميات مثل المسافة والزمن. فالزمن، على سبيل المثال، سوف يبدو بطيئًا بالنسبة للأجسام التي تتحرك بسرعة كبيرة. وإذا استطاعت الأجسام بطريقة ما السفر بسرعة أكبر من سرعة الضوء، سوف تبدو كما لو أنها تذهب رجوعًا في الزمن، وهذا أحد أسباب اعتبار أن سرعة الضوء هي السرعة القصوى الكونية.

إن مبدأ اللايقين هو أحد المبادئ الأساسية في ميكانيكا الكَمّ، على أي حال؛ وهو الذي ينص كما ذكرت على أن من المستحيل، بالنسبة لكميتين معطيتين مثل: الموقع والسرعة، تقدير قيم مضبوطة في منظومة معينة في الوقت ذاته. في المقابل، فإنه إذا قمت بقياس منظومة معينة لفترة زمنية محدودة ثابتة، فإنك لن تستطيع تقدير طاقتها الكلية بالضبط.

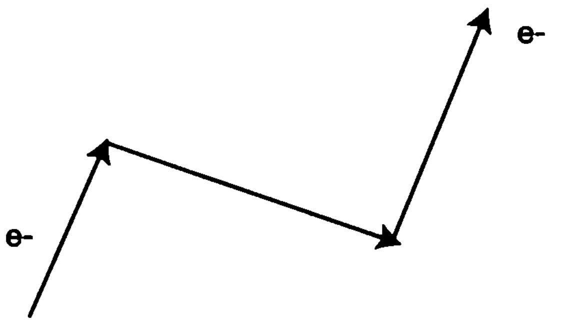
إن ما يتضمَّنه كل هذا هو أنه لفترات زمنية قصيرة جدًا، قصيرة إلى

حد أنك لا تستطيع أن تقيس السرعة بدقة عالية، تسمح ميكانيكا الكم باحتمالية أن تتصرَّف تلك الجزيئات كما لو أنها تتحرَّك بسرعة أكبر من الضوء! لكن، لو أن هذه الجزيئات تتحرَّك بسرعة أكبر من الضوء، يخبرنا آينشتاين أنها تسلك كما لو أنها تتحرَّك رجوعًا في الزمن!

لقد كان فاينمان شجاعًا بما يكفي لكي يأخذ هذا الاحتمال -المجنون ظاهريًا- بجدية ويختبر ما ينطوي عليه من دلالات. رسم الشكل البياني التالي لإلكترون يغيّر مكانه، حيث يسرع دوريا في منتصف رحلته بسرعة أكبر من سرعة الضوء.

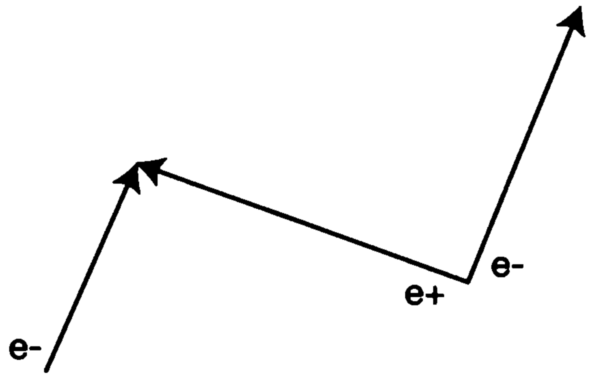


أدرك فاينمان أن النسبية تخبرنا أن راصدًا آخر يمكن أن يقيس في المقابل قياسًا آخر يمكن أن يبدو كما هو مبين أدناه، مع إلكترون يتحرَّك إلى الأمام في الزمن، ثم إلى الخلف في الزمن، ثم إلى الأمام مرة أخرى.



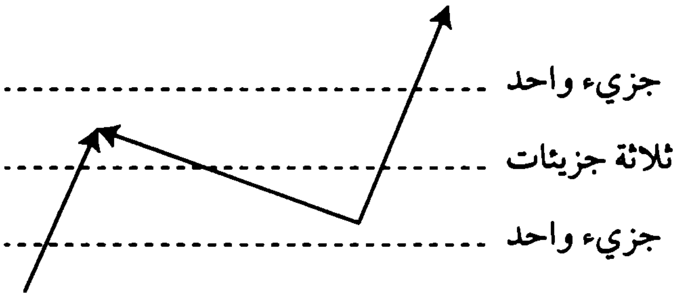
على أي حال فإن الشحنة السالبة التي تتحرَّك رجوعًا في الزمن، تعادل رياضيًا الشحنة الإيجابية التي تتحرَّك إلى الأمام في الزمن! لهذا، قد تتطلَّب نظرية النسبية وجود جزيئات مشحونة إيجابيًا ذات كتلة مساوية للإلكترون وخواصه.

في هذه الحالة، يمكن أن يعيد الشخص تفسير الرسم البياني الثاني لفاينمان كما يلي: يتحرك إلكترون واحد إلى الأمام، ثم يتحرَّك إلى نقطة أخرى في المكان، يخلق بوزيترون- إلكترون من لا شيء، ثم يتقابل البوزيترون مع الإلكترون الأول، ويفنى الاثنان. فيما بعد، يتبقى أحدهما بإلكترون واحد يتحرك إلى الأمام.



إذا لم يكن ذلك مزعجًا، عليك إذن أن تفكِّر في ما يلي: لفترة قصيرة،

حتى لو بدأت بجزيء واحد فقط، وانتهيت -كذلك- بجزيء واحد، فإن هناك، لفترة قصيرة من الزمن، ثلاثة جزيئات تتنقل:



في الفترة الزمنية الوسطى المختصرة، على الأقل لفترة قليلة، تولَّد شيء ما من لا شيء! يصف فاينمان بجمال هذه المفارقة الظاهرية في بحث له عام 1949، «نظرية البروتيزونات» بمضاهاة جذابة مع وقت الحرب:

«كما لو أن مدفعي يراقب طريقًا واحدًا، عبر مهدّفة القصف الجوي من طائرة تطير على ارتفاع منخفض، فيرى فجأة ثلاثة طرق، وهذا حين يلتحم اثنان منهما فقط ويختفيان مرة ثانية، إذ يدرك أنه مر ببساطة فوق تعرّج طويل في طريق واحد».

وما دامت هذه الفترة الزمنية خلال «التعرّج» قصيرة جدًا بحيث لا نستطيع أن نقيس كل الجزيئات قياسًا مباشرًا، تقتضي ميكانيكا الكم والنسبية، ليس بجواز هذا الموقف الغريب فحسب بل بضرورته أيضًا. تسمَّى هذه الجزيئات التي تظهر وتختفي في مقياس زمني قصير جدًّا لكي يتم قياسها، الجزيئات الافتراضية virtual particles.

يبدو أن ابتكار مجموعة جديدة من الجزيئات في فضاء فارغ لا يمكن قياسها، يبدو إلى حد كبير مثل اقتراح عدد ضخم من الملائكة

تجلس فوق رأس دبوس. وسوف تكون بالمثل فكرة عقيمة، لو أن تلك الجزيئات لا تتمتع بتأثيرات أو بنتائج أخرى قابلة للقياس. وعلى أي حال، في حين أنها غير قابلة للرصد المباشر، يتَّضح أن خواص الكون الذي نعيشه اليوم تنتج عن تأثيراتها غير المباشرة. ليس هذا فقط، بل يستطيع الشخص -كذلك- أن يحسب تأثير تلك الجزيئات بدقة أكبر من أيٍ حساب آخر في العلم.

فكِّر -على سبيل المثال- في ذرة الهيدروجين؛ تلك المنظومة التي حاول بوهر شرحها بتطوير نظرية الكم وحاول شرودنجر فيما بعد أن يصفها باستنباط معادلته الشهيرة. إن جمال ميكانيكا الكم في أنها تستطيع شرح الألوان الخاصة للضوء التي يبعثها الهيدروجين حين يسخن، وذلك بأن تفترض أن دوران الإلكترونات حول البروتون يمكن أن يوجد فقط في مستويات طاقة متمايزة، وحين تقفز بين المستويات فإنها تمتص أو تبعث مجموعة ثابتة فقط من ترددات الضوء. تتيح معادلة شرودنجر للشخص أن يحسب الترددات المتوقَّعة، ويحصل على إجابة صحيحة تمامًا تقريبًا.

لكن ليس تمامًا.

حين تمَّت ملاحظة طيف ضوء الهيدروجين بدقة أكبر، وُجد أنه أكثر تعقيدًا مما قُدِّر سابقًا، مع انقسامات صغيرة إضافية بين المستويات المرئية، تسمَّى «البنية الدقيقة fine structure» للطيف. ومع أن هذه الانقسامات كانت معروفة منذ بوهر، وساد الظن بأنه ربما لها علاقة بالتأثيرات النسبية، لم يستطِع أن يحسم أي شخص صحة هذا الظن حتى أصبحت النظرية النسبية كاملة ومتاحة. وما يسبب السعادة، أن معادلة ديراك استطاعت أن تحسن التوقعات مقارنة بمعادلة شرودنجر وأعادت إنتاج البنية العامة للملاحظات العلمية بما فيها البنية الدقيقة.

سارت الأمور على نحو جيد حتى الآن، لكن في إبريل من العام 1947، أجرى الأمريكي ويلس لامب Willis lamb وتلميذه روبرت سي. رذرفورد Robert C. Retherford، تجربة يمكن أن يُنظر إليها من ناحية أخرى بأنها ذات دافع سيئ. لقد أدركا أن لديهما القدرة التكنولوجية لقياس بنية مستوى- الطاقة energy-level structure لمستويات ذرات الهيدروجين بدقة تصل إلى1 في 100 مليون.

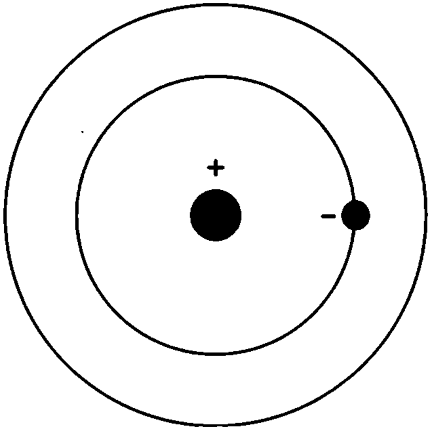
لماذا يتكلّفان العناء؟ حسنًا، حيثما يجد علماء المعامل التجريبية طريقة جديدة لقياسٍ شيء ما بدقة أعظم بكثير مما كان متاحًا من قبل، فهذا في الغالب يشكل دافعًا كافيًا لهم لكي ينطلقوا. لقد انكشفت عوالم جديدة كلية -في الغالب- أثناء إجراء هذه التجربة، تمامًا حين حدَّق العالم الهولندي أنطوني فيليبس ڤان ليفنهويك Antonie Philips van Leeuwenhoek في قطرة مياه فارغة -على ما يبدو- بميكروسكوب في عام 1676، واكتشف أنها تزخر بالحياة. من ناحية أخرى، في هذه الحالة، كان لدى التجربيين دافع أكثر إلحاحًا، فحتى وقت تجربة لامب، لم تستطِع الدقة المعملية للتجارب العلمية المتاحة أن تختبر صحة توقع ديراك تفصيليًا.

لم تتنبَّأ معادلة ديراك بالبنية العامة، التي نتجت عن الملاحظات العلمية الجديدة، لكن السؤال الأساسي الذي أراد لامب أن يجيب عنه كان ما إذا تبنأت به المعادلة تفصيليًا أم لا. كانت هذه هي الطريقة الوحيدة فعليًا لاختبار النظرية. وحين اختبر لامب النظرية، بدا أنه حصل على الإجابة الخاطئة، عند مستوى نحو 100 جزء/ مليون، إذ تجاوزت كثيرًا حساسية جهازه.

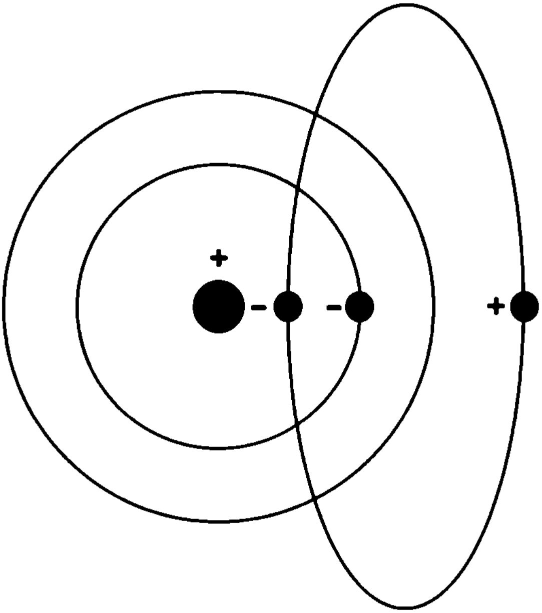
ربما لا يفرق كثيرًا مثل هذا الاختلاف الصغير مع التجربة عن غيره من الاختلافات، لكن التوقعات بالحصول على أبسط تفسير لنظرية

ديراك كانت واضحة بلا غموض، مثلما كانت التجربة، وكل ما حدث أنهما اختلفا.

خلال السنوات القليلة القادمة، اشتبكت أفضل العقول الفيزيائية مع بعضها بعضًا في محاولة إيجاد حل للتناقض. وقد جاءت الإجابة بعد قدر كبير من العمل، وحين هدأ التراب، أدركوا أن معادلة ديراك تعطي فعليًا الإجابة الصحيحة بالضبط، لكن إذا أدخلت تأثير الجزيئات الافتراضية. تصويريًا، يمكن فهم المسألة كما يلي: عادة تصوِّر كتب الكيمياء الهيدروجين كما يلي: البروتون في المركز والإلكترون يدور حوله، إذ يقفز بين المستويات المختلفة:



من ناحية أخرى، ما إن نقبل باحتمالية ظهور زوج الإلكترون-البوزيترون تلقائيًا من لا شيء قبل أن يفنيا بعضهما بعضًا مرة ثانية، خلال أي فترة زمنية قصيرة، سوف تبدو ذرة الهيدروجين حقًا كما يلي:



رسمتُ على يمين الصورة زوجًا كبيرًا، والذي يفنى عند القمة. يحب الإلكترون الافتراضي، لأنه ذو شحنة سالبة، أن يتسكع بالقرب من البروتون، بينما يحب البوزيترون أن يظل بعيدًا. في كل الأحوال، إن ما يتَّضح من هذه الصورة هو أن إلكترونًا وحيدًا وبروتونًا لا يصف، في أي فترة زمنية، التوزيع الفعلي لشحنة ذرة الهيدروجين.

ومن المثير للانتباه أننا تعلَّمنا نحن الفيزيائيين (بعد كل العمل الشاق الذي قام به فاينمان وآخرون) أننا نستطيع استخدام معادلة ديراك لكي نحسب بدقة عالية -عشوائيًا- تصادم كل الجزيئات الافتراضية المحتملة على طيف الهيدروجين؛ تلك الجزيئات التي يمكن أن توجد بشكل متقطِّع في المنطقة المجاورة له. وحين نفعل ذلك، نحصل على أفضل وأدق توقع في العلم. إن كل التوقعات العلمية الأخرى تذبل مقارنة بهذا. وفي علم الفضاء، تتيح لنا الملاحظات الحديثة عن

رصد إشعاع الخلفية الكوني أن نقارنها بالتوقعات النظرية عند مستوى 1 من 100.000، وهو أمر مدهش. من ناحية أخرى، باستخدام معادلة ديراك، والوجود المحتمل للجزيئات الافتراضية، يمكن حساب قيمة البارامیترات الذرية ونقارنها بالملاحظات العلمية، مع تطبيق معادلة ديراك واحتمالية وجود الجزيئات الافتراضية، فنحصل على توافق رائع بينهما على مستوى 1 من مليار أو أكثر!

لذلك توجد الجزيئات الافتراضية.

ورغم أن من الصعب مضاهاة الدقة المدهشة التي توفرها الفيزياء الذرية، فإن هناك مكانًا آخر تلعب فيه الجزيئات الافتراضية دورًا رئيسًا لعله بالفعل ذو صلة أوثق بالقضية الأساسية في هذا الكتاب. لقد اتضح أنها مسؤولة عن معظم كُتلتك، وعن أي شيء مرئي في الكون.

جاء أحد النجاحات العظيمة التي أنجزناها في تعميق فهمنا الأساسي للمادة في سبعينات القرن الماضي، مصاحبة لاكتشاف نظرية تشرح شرحًا دقيقًا تفاعلات الكوارك[1] quark؛ الجزيئات التي تصنع البروتونات والنيوترونات، والتي تشكل هيكل المادة bulk of material التي تشكّلك وتشكل كل شيء تراه. إن رياضيات النظرية معقدة، وقد انتظرنا عقودًا عديدة حتى تتطوَّر التقنيات التي يمكن التعامل معها- حتى يتطوَّر على وجه الخصوص نظام[2] يمكن من خلاله رصد التفاعل القوي بين الكوارك وتقديره. بدأ العمل الشاق، بما فيه بناء بعض من الكمبيوترات المعالجة الموازية المعقَّدة complicated parallel

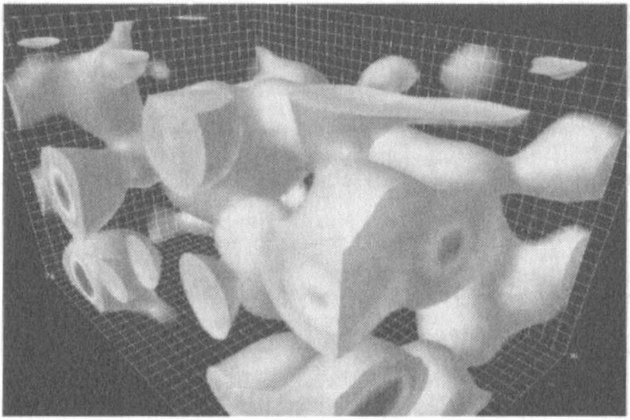
(1) مجموعة دقائق فيزيائية.

(2) يعني النظام في الكتابة العلمية فئة من الشروط الفيزيائية التي يحدد قياساتها قيم متغيرات وسطية محددة، حيث تبرز ظاهرة فيزيائية معينة أو شرط حدي. وتعادل الكلمة عادة شرطا مقيدا.

processing computers، التي تستخدم في وقت واحد عشرات الآلاف من المعالجات الفردية، من أجل محاولة حساب الخواص الأساسية للبروتونات والنيوترونات؛ الجزيئات التي نقيسها بالفعل.

بعد كل هذا العمل، لدينا الآن -بالفعل- صورة جيدة عن الشكل الداخلي للبروتون. على الأرجح، يحتوي هذا الشكل على ثلاثة من الكوارك، ولكن هناك كذلك كثيرًا من المواد الأخرى. أما الأمر الأكثر خصوصية، في هذه الصورة، فهو ظهور واختفاء الجزيئات الافتراضية التي تعكس الجزيئات والحقول التي تنقل القوة القوية بين الكوارك. وفي ما يلي صورة فوتوغرافية سريعة تبين كيف تبدو الأمور فعليًا.

إنها ليست صورة فوتوغرافية حقيقية بالطبع، بل إنها -على الأحرى- ترجمة فنية للرياضيات التي تحكم ديناميكيات الكوارك والحقول التي تربطها. تعكس الأشكال الغريبة والظلال المختلفة قوة الحقول التي تتفاعل مع بعضها ومع الكوارك داخل البروتون، بينما تختفي الجزيئات الافتراضية وتظهر بشكل عفوي.



يمتلئ البروتون -بشكل متقطع- بتلك الجزيئات الافتراضية، وفي الحقيقة، فإننا حين نحاول تقدير المدى الذي يمكنها أن تساهم به هذه

الجزيئات إلى كتلة البروتون، نجد أن الكوارك نفسها تساهم بالقليل نسبة إلى الكتلة الكلية، وأن الحقول التي تخلقها تلك الجزيئات تساهم بمعظم الطاقة التي تذهب إلى الطاقة الساكنة للبروتون، وبالتالي إلى كتلته الساكنة. وينطبق هذا القول على النيوترون، وبما أنك مصنوع من بروتونات ونيوترونات، فالأمر نفسه ينطبق عليك!

إذا استطعنا أن نحسب آثار الجزيئات الافتراضية على الفضاء الفارغ، من ناحية أخرى، الموجود حول الذرات وفيها، وأن نحسب الآثار على الفضاء الفارغ داخل البروتونات، ألن يكون باستطاعتنا حينذاك أن نحسب آثار الجزيئات الافتراضية على الفضاء الفارغ حقًا؟

حسنًا، إن هذا الحساب أصعب من أن يُجرى. لأننا حين نحسب آثار الجزيئات الافتراضية على الذرات أو على كتلة البروتون، فنحن بالفعل نحسب الطاقة الكلية للذرة أو البروتون بما فيها الجزيئات الافتراضية؛ ثم نحسب الطاقة الكلية التي يمكن أن تسهم بها هذه الجزيئات الافتراضية من دون وجود الذرة أو البروتون (أي في الفضاء الفارغ)؛ ثم نطرح الرقمين لكي نحصل على التأثير الصافي على الذرة أو البروتون. إن هذا ما نقوم به بالفعل، إذ اتضح أن كلاً من هاتين الطاقتين لا نهائيتين إجرائيًا حين نحاول أن نحل المعادلات المناسبة، لكن حين نطرح الكميتين، نحصل على فرق نهائي، وعلاوة على ذلك نحصل على فرق يتفق اتفاقًا دقيقًا مع القيمة التي تم قياسها!

على أي حال، إذا أردنا أن نحسب آثار الجزيئات الافتراضية على الفضاء الفارغ فقط، فليس لدينا ما نطرحه، وبالتالي فإن الإجابة التي نحصل عليها ستكون قيمة لامتناهية.

من ناحية أخرى، القيمة اللامتناهية غير سارّة، على الأقل على حد علم الفيزيائيين إلى الآن، ونحاول أن نتجنبها أينما كان هذا ممكنًا. لا

يمكن، بوضوح، أن تكون طاقة الفضاء الفارغ (أو أي شيء آخر في هذه المسألة) لامتناهية فيزيائيًا، لهذا يجب أن نجد طريقة لنقوم بالحسابات ونحصل على إجابة متناهية.

من السهل وصف مصدر القيمة اللامتناهية. إذا أخذنا في حسابنا كل الجزيئات الافتراضية، التي يمكن أن تظهر، نجد أن مبدأ اللايقين لهايزنبرج (الذي أذكرك بأنه ينص على أن اللايقين يتناسب عكسيًا مع طول الفترة الزمنية، التي تستغرقها حين تقوم بقياس طاقة منظومة ما) ينص على أن الجزيئات ذات الطاقة الأعلى يمكن أن تظهر تلقائيا من لا شيء ما دام أنها تختفي بعد ذلك في زمن أقصر. لذلك، من حيث المبدأ، تستطيع أن تحمل الجزيئات طاقة لامتناهية تقريبا ما دامت تختفي في زمن لامتناهي القصر.

من ناحية ثانية، تنطبق قوانين الفيزياء -كما نفهمها- على المسافات والأزمنة الأكبر من قيمة محددة فقط، إذ تتطابق مع المقياس الذي لا بد أن نضع معه في اعتبارنا آثار ميكانيكا الكم، حين نحاول أن نفهم الجاذبية (وآثارها على المكان- الزمن). وإلى أن يأتي الوقت الذي تكون فيه لدينا نظرية «الجاذبية الكمية quantum gravity»، كما تسمَّى، فإننا لن نستطيع أن نثق في الاستقراءات التي تتعدَّى هذه الحدود.

لذا، فإننا نأمل أن تتوصَّل الفيزياء الجديدة المرتبطة بنظرية الجاذبية الكمية إلى قطع[1] تأثيرات الجزيئات الافتراضية التي تعيش وقتًا أقل

(1) في الفيزياء النظرية القطع هو قيمة العشوائية القصوى أو الأدنى لطاقة أو زخم أو طول، تستخدم لتجاهل الأجسام ذات القيم الأكبر أو الأصغر من تلك الكميات الفيزيائية في بعض الحسابات. وعادة ما تمثل داخل وحدات قياس خاص بالطاقة أو الطول مثل وحدات بلانك.

من «زمن بلانك[1] Planck Time». إذا اعتبرنا حينئذ أن الآثار التراكمية للجزيئات الافتراضية للطاقة فقط تساوي أو أقل من تلك التي يقدرها القطع المؤقت، وصلنا إلى تقدير متناه للطاقة التي تساهم بها الجزيئات الافتراضية إلى اللاشيء.

لكن هناك مشكلة. فقد اتضح أن هذا التقدير يكون تقريبيًا:

1.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.00
0.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.
000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.000.00
0.000.000.000 مرة أكبر من الطاقة المرتبطة بكل المادة المعروفة في الكون، بما فيها المادة المعتمة!

إذا كان حساب مسافات مستوى الطاقة الذرية -بما فيها الجزيئات الافتراضية- هي الأفضل في كل الفيزياء، فإن حساب طاقة الفضاء الفارغ هذا -بمقدار أسّي 120، أكبر من الطاقة في أي مكان آخر في الكون- هو الأسوأ بلا شك! وإذا كان حجم طاقة الفضاء الفارغ ضخمًا إلى هذا الحد، في أي مكان من الكون، لكانت القوة المنفّرة المُستحثة (تذكر أن طاقة الفضاء الفارغ تماثل الثابت الكوني) ضخمة، بما يكفي لتفجير كوكب الأرض اليوم؛ لكن الأهم من هذا، أن هذه الطاقة كانت عظيمة جدًا في الأوقات المبكرة بحيث يمكنها أن تتسبَّب في تنافر كل ما نراه في الكون الآن متباعدًا عن بعضه بسرعة كبيرة وذلك في كسر الثانية الأولى من وقوع الانفجار الكبير، فلا تتشكل بنى أو نجوم أو كواكب أو بشَر أبدًا.

(1) زمن بلانك هو وحدة قياس زمن في الوحدات الطبيعية، وهو الوقت الذي يستغرقه الفوتون لينتقل بسرعة الضوء في الفراغ. وهو أقصر وحدة زمنية يمكن قياسها استنادا إلى ميكانيكا الكم.

إن هذه المشكلة التي تسمَّى «مشكلة الثابت الكوني»، التي ظهرت قبل أن أصبح طالبًا جامعيًا، وضَّحها عالم الكون الروسي ياكوف زيلدوفتش Yakov Zel'dovich في عام 1967. تظل غير محلولة ولعلها من أكثر المشكلات الجوهرية غير المحلولة العميقة في الفيزياء اليوم.

على الرغم من حقيقة أننا لم نتوصل لأي حل لهذه المشكلة لأكثر من أربعين عامًا، فقد عرفنا نحن الفيزيائيين النظريين كيف يجب أن تكون الإجابة. على منوال طالب السنة الرابعة، الذي اقترحت أنه قد يخمِّن أن قيمة طاقة الفضاء تساوي صفرًا، شعرنا أنه في لحظة استنباط نظرية نهائية، فلعلها تشرح كيف يحدث إلغاء[1] آثار الجزيئات الافتراضية، بحيث تترك الفضاء الفارغ بطاقة تساوي صفرًا بالضبط، أو لا شيء. أو على الأحرى: لا شيء.

لقد كان تفسيرنا أفضل من الطالب أو هكذا أعتقدنا. احتجنا إلى تقليص مقدار طاقة الفضاء الفارغ من القيمة العملاقة التي طرحها التقدير الساذج إلى قيمة تتناسب مع الحدود العليا التي تتيحها الملاحظة العلمية. هذا يتطلَّب طريقة ما لطرح رقم موجب ضخم جدًا من رقم آخر موجب ضخم جدًا، بحيث يلغي الاثنان بعضهما إلى 120 قيمة عشرية، بعد أن يتركا شيئًا ما لا صفريًا في المكان العشري 121! لكن لم يشهد العلم سابقة لإلغاء أرقام ضخمة جدًا بهذه الدقة، بعد أن تترك وراءها فقط شيئًا ما منمنمًا.

وعلى أي حال، فإن الرقم «صفر» يسهل استخلاصه. كما أن خاصية التناظر التي تتمتع بها الطبيعة تتيح لنا أن نلقي الضوء على مساهمات مساوية ومعاكسة، تأتي من أجزاء مختلفة من الحساب، تُلغَى دون أن تترك شيئًا وراءها، أو مرة أخرى تترك «لا شيء».

---

(1) Cancelling property، خاصية الإلغاء في الرياضيات والتي سوف يذكرها تفصيليا الكاتب لاحقًا.

لهذا، استطعنا نحن النظريين أن نرتاح وننام ليلًا. لم نعرف كيف نصل إلى هذا، لكن كنا متأكدين من الكيفية التي ستكون عليها الإجابة الأخيرة.

لكن الطبيعة كانت تفكِّر في شيء مختلف.

الفصل الخامس

الكون الهارب

«إن التفكير في أصل الحياة، حاليًا، محض هراء؛ وربما هذا ما أعتقده كذلك عند التفكير في أصل المادة[1]».

تشارلز داروين[2]

إن الفرضية التي طرحتها مع مايكل تيرنر في العام 1995 كانت هرطقة إلى أبعد حد. افترضنا أن الكون مسطح استنادًا إلى أكثر من تحيز نظري. (يجب أن أؤكد هنا مرة أخرى على أن كونًا «مسطحًا» ثلاثي الأبعاد لا

(1) من مراسلات داروين الخاصة، موجهة إلى هوكر، جي، دي ، بتاريخ 29 مارس 1863من العام ، يندم فيها على استخدام كلمة «خلق creation» في كتابه أصل الأنواع في حين كان يعني كلمة ظهور «appeared».

(2) Charles Darwin

عالم تاريخ طبيعي بريطاني (1809 - 1882) صاحب نظرية النشوء والتطور، ومؤلف كتاب أصل الأنواع.

يماثل كعكة منبسطة ثنائية الأبعاد، بل هو على الأحرى الفضاء ثلاثي الأبعاد الذي نتخيله كلنا بديهيًا، حيث تسافر أشعة الضوء فيه في خطوط مستقيمة. وهذا يتباين مع الشكل الهندسي الأصعب تخيله وهو فضاء ثلاثي الأبعاد منحني، حيث لا تسافر الأشعة الضوئية التي تدل على الانحناء الضمني للفضاء في خطوط مستقيمة فيه) ثم استنتجنا أن كل البيانات الكونية المتاحة في ذلك الوقت تتسق مع كون مسطح، إذا كانت 30 بالمائة من الطاقة الكلية تكمن في شكل ما من «المادة المعتمة»، كما برهنت الملاحظات العلمية على وجودها حول المجرات والعناقيد، وأن 70 بالمائة من الطاقة الكلية في الكون، والأكثر غرابة مما سبق، هذه الطاقة لا تكمن في أي شكل من أشكال المادة، بل بالأصح في الفضاء الفارغ ذاته.

كانت فكرتنا مجنونة بكل المقاييس. من أجل أن نستنتج قيمة للثابت الكوني تتسق مع زعمنا، كان يجب أن تتقلّص القيمة المقدَّرة لهذه الكمية، التي وصفتها في الفصل الأخير، بقيمة أسّية 120 ومع ذلك فإنها لن تصل إلى الصفر. وهذا يعني أقصى صقل أو توليف[1] يمكن أن يطبق على أية كمية فيزيائية معروفة في الطبيعة، دون أدنى فكرة عن كيفية ضبطها.

كان هذا أحد الأسباب التي أثارت الابتسامات في الغالب ولا أكثر، حين كنت أحاضر في جامعات مختلفة عن مشكلة الكون المسطّح. إنني لا أعتقد أن عددًا كبيرًا من الناس أخذوا اقتراحنا بجدية، ولست متأكدًا من أن حتى تيرنر وأنا أخذناه بجدية أم لا. إن هدفنا من أن ترتفع

(1) يشير هذا المصطلح في الفيزياء النظرية إلي الشروط التي يجب من خلالها ضبط باراميترات نموذج ما ضبطا دقيقا، ليتوافق مع الملاحظات العلمية. وهو إجراء إشكالي.

الحواجب أثناء قراءة بحثنا هو أن نقدم، بيانيًا، حقيقة كانت بدأت تبزغ ليس فقط لنا بل لعديد من زملائنا النظريين في أنحاء العالم: شيء ما بدأ خطأ في الصورة «القياسية» حينذاك عن كوننا، حينما ساد الظن بأن كل الطاقة التي تحتاجها النسبية العامة، لتكوين كون مسطح اليوم، تكمن في المادة المعتمة الرائعة (مع حفنة من جزيئات الباريون- نحن سكان كوكب الأرض، والنجوم، والمجرات المرئية- لإضافة النكهة على الخليط).

أخيرًا، ذكَّرني زميل أنه خلال السنتين التاليتين على اقتراحنا المتواضع، تمت الإشارة إليه -كمرجع- في الأبحاث التالية مرات لا تتجاوز عدد أصابع اليد الواحدة، وكلها على مايبدو -باستثناء واحد أو اثنين- من تيرنر أو مني! وبقدر ما يثير كوننا الحيرة، لم ير المجتمع العلمي أنه يتمتع بهذا القدر من الجنون، الذي اقترحه بحثنا، تيرنر وأنا.

كان البديل الأبسط لهذه التناقضات هو احتمالية أن الكون ليس مسطَّحًا بل مفتوح (حيث تتشتت أشعة الضوء المتوازية بعيدًا إذا اقتفينا مسارها رجوعًا. كان هذا بالطبع قبل أن تحسم قياسات إشعاع الخلفية الكوني عدم قابلية هذا الاحتمال). مع ذلك، انطوى هذا الاحتمال على مشكلاته الخاصة به، مع أن الموقف ظل غامضًا كذلك في الاحتمال الأول.

إن أي طالب ثانوي يدرس الفيزياء سوف يقول لك بسعادة إن الجاذبية تمتص، أي أنها تتمتع بقوة جاذبة كلية. وبالطبع، فإننا -وكما هو الحال مع مسائل كثيرة في العلم- ندرك الآن أن علينا أن نوسِّع من آفاقنا لأن الطبيعة أوسع خيالًا منا. إذا افترضنا، للحظة، أن الطبيعة الجاذبة التي تتمتع بها الجاذبية تعني أن تمدد الكون يتباطأ، فسوف نتذكر أننا نحصل على حد أعلى لعمر الكون، بافتراض أن سرعة المجرات، التي تقع على

مسافة معينة منَّا، أصبحت ثابتة منذ الانفجار الكبير. والسبب في هذا هو: لو أن الكون يتباطأ، فالمجرات إذن كانت في وقت ما تتحرَّك بعيدًا عنَّا أسرع مما هي الآن، ولذلك كان يمكن أن تستغرق وقتًا أقل لكي تصل إلى موقعها الحالي من لو أنها كانت تتحرَّك دومًا بسرعتها الحالية. في كون مفتوح تهيمن عليه المادة، سوف يكون تباطؤ الكون أقل مما لو كان مسطحًا، ولذلك سوف يكون العمر المستنتج للكون أكبر مما لو كان كونًا مسطحًا تهيمن عليه المادة، بمعدل التمدد المُقاس الحالي نفسه. من المحتمل أن يكون عمر الكون أقرب إلى القيمة التي نقدرها بافتراض معدل ثابت للتمدد، عبر الزمن الكوني.

تذكر أن طاقة لا صفرية للفضاء الفارغ سوف ينتج عنها ثابت كوني- مثل قوة تنافر الجاذبية- يعني أن تمدد الكون سوف يتسارع عبر الزمن الكوني، وبالتالي كانت ستتحرَّك المجرات بعيدًا بسرعة أقل مما هي عليها اليوم. هذا يعني أنها استغرقت وقتًا أطول لتصل إلى المسافة الحالية مما كان يمكن أن تستغرقه في ظل تمدد ثابت. وبالفعل، فإنه في ظل قياس معطى لثابت هابل اليوم، نحصل على أطول عمر محتمل لكوننا (نحو 20 مليار عام) بأن نضع في حساباتنا احتمالية الثابت الكوني إلى جانب الكمية المقاسة للمادة المرئية والمعتمة، لو أننا نتمتع بحرية ضبط قيمته، إلى جانب كثافة المادة في الكون اليوم.

في عام 1996، عملتُ مع بريان تشابوير Brian Chaboyer وشريكنا پيير ديمارك Pierre Demarque من جامعة يال Yale وپيتر كرنان Peter Kernan طالب ما بعد الدكتوراه من جامعة كيس ويسترن ريزرف Case Western Reserve لوضع حد أدنى لعمر النجوم الأقدم في مجرتنا، لكي تكون نحو 12 مليار عام. لقد قمنا بهذا عن طريق نمذجة تطوُّر ملايين النجوم المختلفة في كمبيوترات عالية السرعة ومقارنة ألوانها

ولمعانها مع نجوم فعلية تم رصدها في عناقيد كروية في مجرتنا؛ إذ ساد الاعتقاد طويلا أنها من بين أكثر الأجسام قِدما في مجرتنا. وإذ افترضنا أن مجرتنا استغرقت مليار عام لتتشكّل، فإن هذا الحد الأدنى استبعد فعليًا كونًا مسطحًا تهيمن عليه المادة، وفضّل كونًا بثابت كوني (أحد العوامل التي هيمنت على استنتاجات البحث المبكر مع تيرنر)، بينما تأرجح الكون المفتوح على حافة الصحة.

وعلى أي حال، إن أعمار النجوم الأقدم تنطوي على استنباطات ترتكن إلى ملاحظات علمية تتعلق بتلك الحافة، وتضعنا في موقف حساس حينذاك؛ وفي عام 1997، أجبرتنا بيانات جديدة على مراجعة تقديراتنا وخفضها بمقدار 2 مليار عام تقريبًا، إذ أوصلتنا إلى كون أصغر سنًا نوعًا ما. أصبح الموقف إذن أكثر عتمة، وأصبحت الأكوان الثلاثة مرة واحدة قابلة للصحة مرة أخرى، حيث أعادت العديد منًا إلى نقطة البداية.

تغيَّر كل هذا في عام 1998، تزامنًا مع العام نفسه الذي أظهرت فيه بعثة بوومرانج أن الكون مسطّح.

اجتهد الفلكيون خلال السبعين عامًا الفاصلة، منذ أن قاس إدوين هابل معدل تمدُّد الكون لتحديد قيمة هذا المعدل. وفي تسعينات القرن الماضي وجد الفلكيون أخيرًا «شمعة قياسية»؛ أي جسم شعر الراصدون أنهم يستطيعون التحقُّق من لمعانه الداخلي مباشرة دون وسيط قياسي، لذا حين قاموا بقياس لمعانه الظاهري، استطاعوا استنباط مسافته. وبدت الشمعة القياسية مصدر ثقة وكان يمكن ملاحظتها عبر أعماق المكان والزمان.

تبين حديثًا أن نوعًا محدَّدًا من النجوم المنفجرة -التي تسمَّى النجوم المستعرة نوع أ 1- يُظهر علاقة بين اللمعان وطول العمر. وإذ تم قياس طول الفترة التي خلالها يظل النوع المعطى أ1 لامعًا، للمرة الأولى، بعد

الأخذ في الاعتبار آثار تمدد الزمن بسبب تمدد الكون، ما يعني أن طول العمر المُقاس لنجم مستعِرٍ هائل أطول في الحقيقة من طول عمره الفعلي في إطاره الساكن. ومع ذلك، نستطيع أن نستنبط اللمعان المطلق ونقيس لمعانه الظاهري باستخدام تليسكوبات وأن نحدِّد في النهاية المسافة إلى المجرة المضيفة التي انفجر فيها النجم. سمح لنا قياس الانزياح الأحمر للمجرة في الوقت نفسه أن نحدد السرعة. وسمح لنا مزج الاثنين، مع الدقة المتزايدة، أن نقيس معدَّل تمدُّد الكون.

ولأن النجوم المستعرة شديدة اللمعان، لم تكن أداة عظيمة لقياس ثابت هابل فحسب، بل سمحت لنا كذلك أن ننظر رجوعًا إلى المسافات التي تعد جزءًا دالًا في العمر الكلي للكون.

لقد قدَّم هذا احتمالية جديدة ومثيرة، رآها الراصدون صيدًا قيِّمًا، يتمثل في قياس كيفية تغيُّر ثابت هابل عبر الزمن الكوني.

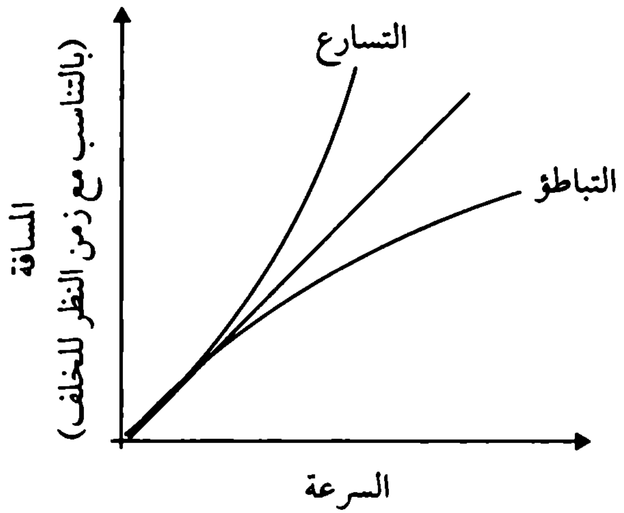
تبدو عبارة «قياس كيفية تغيُّر ثابت ما» على أنها تحمل تناقضًا لفظيًا، ولعلها، لولا حقيقة أننا البشر نعيش حيوات قصيرة، على الأقل حسب المعيار الكوني، وطبقًا للقياس الزمني البشري، فإن معدَّل تمدُّد الكون ثابت حقًا. من ناحية أخرى، كما وصفت توًا، سوف يتغيَّر معدَّل تمدُّد الكون عبر الزمن الكوني بسبب آثار الجاذبية.

فكَّر الفلكيون أنهم إذا استطاعوا قياس سرعة النجم المستعر ومسافته- عبر المناطق البعيدة من الكون المرئي فإنهم يستطيعون، بالتالي، قياس معدَّل تباطؤ الكون (بما أن الجميع افترض أن الكون يتصرَّف بعقلانية، وأن الجاذبية المهيمنة في الكون قوة جاذبة) كما أنهم أملوا في المقابل أن يكشف لهم هذا عمَّا إذا كان الكون مفتوحًا أم مغلقًا أم مسطحًا، لأن معدَّل التباطؤ عامل زمني يختلف مع كل شكل هندسي من الثلاثة.

في العام 1996، كنت أقضي ستة أسابيع في زيارة معمل لورانس بيركليLawrence Berkeley Laboratory، محاضرًا في علم الكون وأجري خلالها مناقشات حول عدد من المشاريع العلمية مع زملائي هناك. ألقيت كلمة عن زعمنا بأن الفضاء الفارغ ربما يتمتع بطاقة، وبعد انتهاء الكلمة، جاءني سول پرلماتر Saul Perlmutter، وهو فيزيائي شاب كان يعمل على دراسة مسافة النجوم المستعرة، وقال لي: «سوف نثبت أنك على خطأ».

كان سول يشير إلى الجانب الثاني من بحثنا والذي يدَّعي أن الكون مسطح؛ وأن 70 بالمائة من الطاقة في الفضاء الفارغ. تذكّر أن هذه الطاقة سوف تنتج ثابتًا كونيًا، مما يؤدي إلى قوة نافرة، سوف توجد بناء على ذلك في كل الفضاء وأن هذا سوف يهيمن على تمدد الكون، مما يتسبب في تسارع تمدده، وليس تباطؤه.

وكما وصفت، فإنه إذا كان تمدُّد الكون يسرع عبر الزمن الكوني، فإن عمر الكون إذن أكبر اليوم مما كان يمكن أن نستنبطه لو أن التمدد يتباطأ. هذا قد يعني أن النظر رجوعًا في الزمن إلى المجرات بانزياح أحمر معطى، سوف يكون أطول مما لو كان العكس. وبالتالي، إذا كانت المجرات تبتعد عنًا لوقت أطول، فهذا يعني أن الضوء الذي ينبعث منها، يصدر من مسافة أبعد. من ثم سوف تظهر النجوم المستعرة في المجرات -عند انزياح أحمر مُقاس معطى- أكثر خفوتًا بالنسبة لنا، من إن كان الضوء الذي ينبعث منها مصدره أقرب. بيانيًا، لو أن الشخص يقيس السرعة مقابل المسافة، سوف يسمح لنا منحدر انحناء المجرات القريبة نسبيًا بأن نحدِّد معدَّل التمدُّد اليوم، ثم أن نحدِّد ما إذا كان الانحناء ينثني إلى الأعلى أم إلى الأسفل، لأن النجوم المستعِرة البعيدة ستخبرنا ما إذا كان الكون يسرع أم يبطئ عبر الزمن الكوني.



بعد مرور عامين على لقائنا، نشر سول ومساعديه، باعتبارهم جزءًا من فريق عالمي يسمَّى مشروع النجوم المستعرة الكوني Supernova Cosmology Project، بحثًا استند إلى بيانات أولية مبكرة، يطرح أننا على خطأ. (في الواقع، لم يناقشوا أن تيرنر وأنا على خطأ، بما أنهم، إلى جانب معظم الراصدين الآخرين، لم يعطوا أهمية كبيرة لمشروعنا). طرحت بياناتهم أن الرسم البياني الذي يصف المسافة - مقابل- الانزياح الأحمر، ينحنى إلى الأسفل. وبالتالي يجب أن يكون الحد الأعلى لطاقة الفضاء الفارغ أقل مما هو مطلوب لتساهم مساهمة كبيرة في الطاقة الكلية اليوم.

من ناحية أخرى، كما يحدث غالبًا، ربما لا تمثِّل البياناتُ الأولية المستخرجة البيانات كلها؛ فهي ببساطة إما أن تكون محظوظًا احصائيًا، أو تؤثِّر أخطاء نظامية غير متوقَّعة على البيانات، التي لن تظهر حتى تحصل على عينة أكبر. كان هذا هو حال البيانات التي نشرها مشروع النجوم المستعرة الكوني، ولذا كانت النتائج غير صحيحة.

كان هناك مشروع بحثي آخر عالمي عن النجوم المستعرة، يقوم عليه فريق يسمى بحث النجوم المستعرة هاي- Z، High-Z Supernova Search Team، بقيادة بريان شميت Brian Schmidt في مرصد ماونت ستروملو Mount Stromlo Observatory في استراليا، كان ينفّذ برنامجًا له الهدف ذاته، وبدأ في الحصول على نتائج مختلفة. لقد أخبرني بريان، مؤخرًا، أنه عندما حصل الفريق على محدِّد النجم المستعر هاي- Z الدال الأول، الذي طرح كونًا متمدِّدًا بطاقة فراغ Vacuum energy عالية، تم رفض طلبهم بالحصول على تليسكوب زمني[1] Telescope time وأعلمهم أحد الصحفيين أنهم على خطأ لأن مشروع النجوم المستعرة الكوني حدَّد فعليًا أن الكون مسطح وتهيمن عليه المادة.

بالتأكيد، سوف تتكرَّر مرارًا القصة التفصيلية بين هذين الفريقين المتنافسين، خاصة بعد أن يتشاركا جائزة نوبل، التي سوف يتشاركانها بالتأكيد. وغير جدير بالذكر التركيز على أولوية الكتاب بصدد هذه القصة؛ إذ يكفي أن أذكر أن مع أوائل العام 1998، نشرت مجموعة شميت بحثًا يبيِّن فيه أن الكون يتمدَّد بسرعة متزايدة؛ وبعد ستة أشهر، أعلنت مجموعة پرلماتر نتائج مماثلة، ونشرت بحثًا يؤكِّد على نتائج النجم المستعر هاي-z، إذ اعترفت بخطئها الأول؛ وتضفي مصداقية أكبر على كون تهيمن عليه طاقة الفضاء الفارغ أو، كما تسمَّى الآن، الطاقة المعتمة.

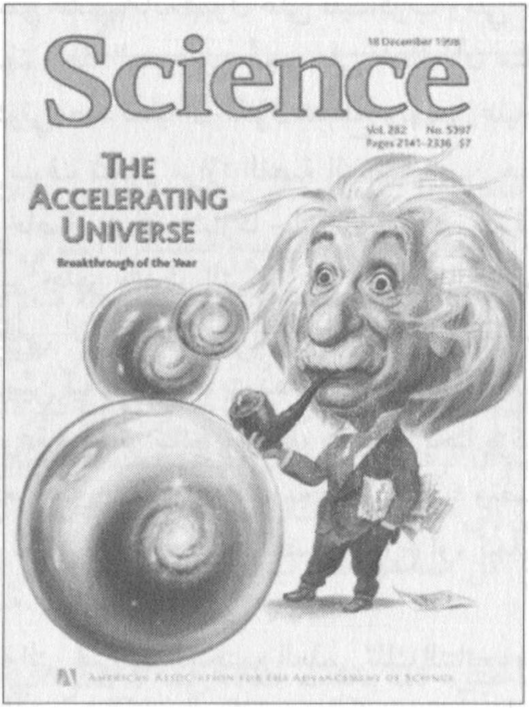
إن السرعة التي تبنَّى بها المجتمع العلمي تلك النتائج، مع أنها تحتاج إلى مراجعة للصورة الكلية السائدة عن الكون- توفر مادة تقوم عليها

---

(1) مثل تليسكوب هابل الفضائي Hubble Space Telescope. تتقدم الفرق البحثية العلمية بطلبات تأجير لهذه التليسكوبات من المعاهد أو الجامعات أو المراصد التي تمتلكها.

دراسة شيّقة في سوسيولجيا العلم. فبين عشية وضحاها تقريبا، بزغ على ما يبدو قبول عالمي للنتائج، على الرغم من أن «المزاعم غير العادية تحتاج إلى أدلة غير عادية». على حد قول كارل ساجان Carl Sagan. وهذا بالتأكيد زعم غير عادي على الإطلاق.

شعرتُ بصدمة حين نعتت مجلة العلوم Science في ديسمبر من عام 1998، اكتشاف الكون المتسارع في تمدده بالانجاز العلمي للعام المذكور، بغلاف رائع عليه رسم لآينشتاين ووجهه مصدوم.



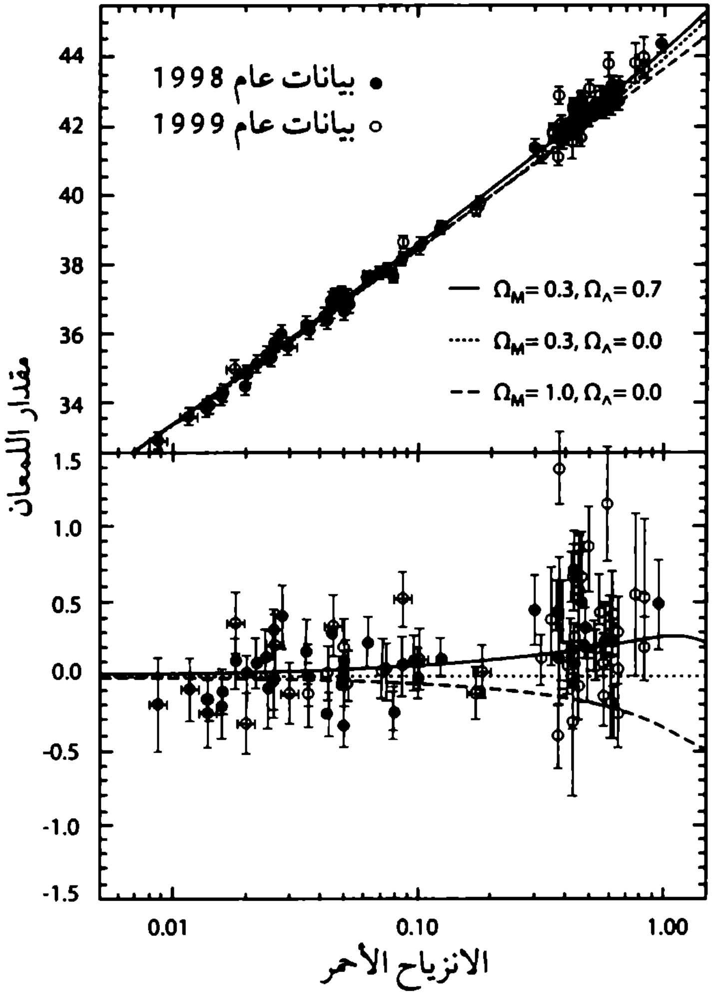
لم أشعر بالصدمة لأنني اعتقدتُ أن النتيجة لا تستحق أن تحتل الغلاف الأمامي للمجلة. بل إن الأمر على العكس تمامًا. لقد كان اكتشاف الكون المتسارع واحدًا من أكثر الاكتشافات الفلكية المهمَّة في عصرنا، لكن كانت البيانات في ذلك الوقت ذات دلالات قوية. لقد استلزمت

تغيرًا كبيرًا في تصورنا عن الكون، فشعرت أن علينا التأكد من ضرورة الاستبعاد النهائي للأسباب المحتملة الأخرى وراء التأثيرات التي رصدها الفريق، قبل أن نقفز جميعًا إلى مركبة الثابت الكوني. وكما قلت لصحفي واحد على الأقل في ذلك الوقت: «لقد كانت المرة الأولى التي فقدت فيها إيماني بالثابت الكوني حين أعلن العلماء الراصدون عن اكتشافه».

ربما يبدو رد فعلي الفكاهي -بصورة أو بأخرى- غريبًا، في ضوء أنني كنت أقوم بالترويج لهذه الاحتمالية بشكل أو آخر لعقد كامل على الأرجح. كعالم فيزياء نظري، فإنني أشعر بأن هذا التوقُّع جيد، خاصة إذا كان يمهِّد سُبُلًا جديدة أمام التجربة. لكني أؤمن بأن أصبح محافظًا بقدر الإمكان حين يختص الأمر بفحص بيانات حقيقية، ربما لأنني وصلت إلى نضج علمي خلال الفترة التي اتضح فيها أن العديد من المزاعم الجديدة والمثيرة بل والتجريبية في مجالي العلمي من فيزياء الجزيئات زائفة. ظهرت اكتشافات عديدة تراوحت من توقُّع وجود قوة خامسة جديدة في الطبيعة إلى اكتشاف جزيئات أولية جديدة إلى ملاحظات علمية افتراضية بأن الكون كله يدور حول نفسه، وانتهت بكثير من الهرج والمرج.

كان الشغل الشاغل في ذلك الوقت يتعلَّق بالاكتشاف المزعوم عن كون يتمدَّد بسرعة متزايدة، ويتركز حول أن النجوم البعيدة المستعرة ربما تبدو أعتم مما يمكن أن تطرح التوقعات، ليس بسبب التمدد المتسارع بل لأنها إما (أ) أعتم؛ أو (ب) يعتمها جزئيًا على الأرجح بعض من التراب المجرّي أو بين المجرّي الموجود في الأزمنة الأولى.

في العقد الفاصل بين الاكتشاف والتالي عليه، أصبح الدليل على التمدُّد المتسارع ساحقًا؛ ولا غبار عليه، تقريبًا لا غبار عليه. أولًا، تم قياس العديد من النجوم المستعرة عند انزياح أحمر عالٍ. ومنها تم عمل تحليل مزدوج للنجوم المستعرة من مجموعتي البحث خلال عام على البحث الأصلي، أسفر عن الرسم البياني التالي:



ولإرشاد عينيك ومساعدتك على أن ترى ما إذا كان منحنى المسافة–مقابل– الانزياح الأحمر ينثني إلى الأعلى أم إلى الأسفل، رسم الراصدون خطًا مستقيمًا منقَّطًا في النصف الأعلى من الرسم البياني، من أسفل اليسار إلى أعلى اليمين يمضي عبر البيانات التي تمثِّل النجوم المستعرة القريبة. حيث يخبرنا منحدر هذا الخط معدل التمدد اليوم.

ثم رسموا في النصف السفلي من الصورة الخط المستقيم ذاته أفقيًا، لإرشاد عينيك. لو أن الكون يتباطأ، كما كان متوقَّعًا في عام 1998، فسوف تقترب من 1 مسافة النجم المستعر عند الانزياح الأحمر (Z) أسفل الخط المستقيم. لكن كما ترى، فإن معظمها فوق الخط المستقيم. هذا يعود إلى سبب من السببين التاليين:

1. إمّا أن البيانات خاطئة، أو؛
2. سرعة تمدد الكون تزداد.

إذا تناولنا، للحظة، البديل الثاني وسألنا: «ما حجم الطاقة المطلوبة في الفضاء الفارغ لكي تؤدي إلى إنتاج التسارع الذي تمت ملاحظته في التمدد المرئي؟». سنجد أن الإجابة مدهشة. إن الانحناء الراسخ، الأكثر ملاءمة للبيانات، يماثل كونًا مسطّحًا، بـ 30 بالمائة من الطاقة في المادة و70 بالمائة منها في الفضاء الفارغ. هذا، وللدهشة ما هو مطلوب تمامًا لتكوين كون مسطح يتسق مع حقيقة أن 30 بالمائة فقط من الكتلة الضرورية توجد في المجرات والعناقيد وحولها. لقد أنجزنا انسجامًا واضحًا.

ومع ذلك، فإنه بسبب الزعم بأن 99 بالمائة من الكون غير مرئي (1 بالمائة من المادة المرئية مدمجة في بحر المادة المعتمة التي تحيطها طاقة في الفضاء الفارغ) يقع تحت فئة المزاعم غير العادية، فعلينا أن نضع في اعتبارنا بجدية أول الاحتمالين اللذين ذكرتهما أعلاه؛ ذلك أن البيانات خاطئة في الأساس. وفي العقد الفاصل، استمرت بقية البيانات من علم الفلك في تعضيد صورة الانسجام الظاهري عن الكون المسطح الذي لا يُصدق، حيث تكمن الطاقة المهيمنة في الفضاء الفارغ، وحيث يساوي كل ما نراه فيه أقل من 1 بالمائة من الطاقة الكلية، بالإضافة إلى أن المادة التي لا نستطيع رؤيتها تتكوَّن في الأغلب من نوع جديد، غير معروف بعد من الجزيئات الأساسية.

أولًا، تطورت البيانات الجديدة مع ما زوّدتنا به الأقمار الصناعية الجديدة من معلومات، عن الزخم الأساسي في النجوم القديمة. وباستخدام هذه المعلومات، استطعتُ مع زميلي تشابوير Chaboyer في عام 2005، أن نبين -بحسم ونهائيًا- أن التقديرات المتراوحة لعمر الكون، التي استندت إلى هذه البيانات صغيرة الآن بما يكفي، مما يجعلنا نستبعد الأعمار التي تقل عن نحو 11 مليار عام. إذ إنها لم تتسق مع أي كون، لا يحتوي فضاؤه الفارغ كمية كبيرة من الطاقة. وبما أننا غير متأكدين مجدَّدًا من أن سبب هذه الطاقة هو الثابت الكوني، فهي تسمَّى الآن باسم أبسط «الطاقة المعتمة»، تماثلًا مع «المادة المعتمة» التي تهيمن على المجرات.

لقد شهد هذا التقدير لعمر كوننا تقدمًا كبيرًا في عام 2006 تقريبًا، حين أتاحت قياسات دقيقة جديدة لإشعاع الخلفية الميكروني الكوني باستخدام مسبار ويلينكسون WMAP أن يجري الراصدون قياسًا دقيقًا للزمن منذ الانفجار الكبير. ونعرف عمر الكون الآن بأربعة أرقام معنوية significant figures. إن عمر الكون يبلغ 13.72 مليار عام!

لم أكن لأتصوَّر أبدًا أننا يمكن أن نصل إلى هذه الدقة خلال حياتي. ولكن بما أننا وصلنا إليها، فإننا نستطيع أن نؤكد أنه من المستحيل أن يصل كون بهذا المعدل من التمدد المقاس إلى هذا العمر من دون طاقة معتمة؛ وخاصة، الطاقة المعتمة التي تتصرَّف أساسًا مثل الطاقة التي يعبِّر عنها الثابت الكوني. بكلمات أخرى، فإنها الطاقة التي يبدو أنها ظلَّت ثابتة عبر الزمن.

في الإنجاز العلمي التالي، استطاع الراصدون أن يقيسوا بدقة، كيف تعنْقدت المادة معًا، عبر الزمن الكوني في شكل مجرَّات. تعتمد النتيجة على معدَّل تمدُّد الكون، إذ إن القوة الجاذبة التي تجمع المجرَّات معًا تنافس التمدُّد الكوني الذي يفصل المادة عن بعضها. كلما زادت قيمة طاقة الفضاء الفارغ، فإنها سرعان ما ستهيمن على الكون، وسرعان ما

سوف يوقف التمدد المتزايد، في النهاية، الانهيار الداخلي الناشئ عن مركز ثقل الجاذبية في المادة gravitational collapse على مقاييس أضخم بكثير.

لذلك، استطاع الراصدون بقياس التعنقد الناشئ عن ثقل الجاذبية تأكيد، مرة أخرى، أن الكون المسطح الوحيد الذي يتساوق مع الهيكل الضخم المرئي في الكون هو كون يحتوي 70 بالمائة تقريبًا من الطاقة المعتمة، وأن الطاقة المعتمة، مجدَّدًا، تتصرَّف على نحو أو آخر مثل الطاقة التي يعبر عنها الثابت الكوني.

وبعيدًا عن هذه الاستقصاءات أو المسارات غير المباشرة لقصة تمدُّد الكون، أجرى راصدو النجوم المستعرة اختبارات مكثفة لاحتمالات يمكن أن تفضي إلى احتمالية حدوث أخطاء نظامية في تحليلهم؛ شملت احتمال التراب المتزايد على مسافات ضخمة الذي قد يتسبَّب في أن تظهر النجوم أكثر اعتامًا مما هي عليه، وأن يبعدها واحدة بعد الأخرى.

تضمن واحد من أهم اختباراتهم، البحث رجوعًا في الزمن.

في وقت مبكر من تاريخ الكون، حين كانت منطقتنا المرئية الحالية الآن أصغر كثيرًا من حيث الحجم، كانت كثافة المادة أعظم جدًا. وعلى أي حال، تظل كثافة طاقة الفضاء الفارغ ثابتة عبر الزمن، إذا كانت تعكس ثابتًا كونيًا، أو شيئًا من هذا القبيل. لذلك، حين يكون الكون في نصف حجمه الحالي، فإن كثافة طاقة المادة تتجاوز كثافة طاقة الفضاء الفارغ. وفي جيمع الأوقات قبل هذا، كان يمكن أن تنتج المادة، وليس الفضاء الفارغ، قوة الجاذبية المهيمنة التي تعمل على التمدد. ولهذا، يتباطأ الكون.

في الميكانيكا الكلاسيكية، هناك اسم للنقطة التي يغيِّر النظام عندها تسارعه، ويتحوَّل، على الأخص، من التباطؤ إلى التسارع. تسمَّى «معدل

تغير السرعة» Jerk[1]. في عام 2003، نظَّمتُ مؤتمرًا في جامعتي لدراسة مستقبل علم الفلك ودعوتُ أحد أعضاء فريق النجم المستعر هاي-z، آدم ريس Adam Riess، الذي أخبرني باحتمال أن يكون لديه شيء شيِّق يبلغه في الاجتماع. وقد فعل ذلك حقًا، إذ نشرت جريدة نيويورك تايمز في اليوم التالي، صورة لآدم مع عنوان عريض «اكتشاف معدَّل تغير السرعة الكوني Cosmic Jerk Discovered». احتفظت بهذه الصورة وأحيانًا أتفرّج عليها للتسلية.

إن التخطيط التفصيلي لقصة تمدُّد الكون، الذي يبين أنه تحول من فترة تباطؤ إلى تسارع، أضفى ثقلًا مهمًا إلى الزعم بأن الملاحظات العلمية الأصلية، التي تضمنت الطاقة المعتمة، كانت صحيحة في الحقيقة. ومع كل الأدلة الأخرى المتاحة لدينا الآن، فإنه من الصعب أن نتصوَّر أننا استُدرجنا إلى مطاردة ماعز بري كوني، في حال تمسكنا بهذه الصورة. فإنه سواء أحببنا أم لا، يبدو أن الطاقة المعتمة باقية، أو على الأقل سوف تبقى حتى تتغيَّر بطريقة ما.

إن أصل المادة المعتمة وطبيعتها أكبر لغز بلا شك في الفيزياء الأساسية اليوم. كما أننا لا نفهم بعمق كيف نشأت ولماذا تتمتع بتلك القيمة. لذا ليست لدينا فكرة عن سبب هيمنتها على تمدُّد الكون، وهو ما بدأ حديثًا نسبيًا في الخمسة مليارات عام الماضية فقط؛ أو ما إذا كان هذا محض مصادفة أم لا. إنه من الطبيعي أن نشك في أن طبيعتها ترتبط بطريقة أساسية ما بأصل الكون. وتدل كل العلامات على أنها سوف تحدِّد مستقبل الكون كذلك.

---

(1) أحد معانيها في اللغة الإنجليزية: الشخص الأحمق.

الفصل السادس

وجبة غذاء مجانية عند نهاية الكون

«الفضاء كبير. كبير حقًا. لن تحب أن تصدق كم هو ضخم ومتسع ومحيّر للعقل. قد تعتقد أن الطريق إلى الصيدلي طويل، لكنه يساوي حجم حبة فول سوداني في الفضاء».

دوجلاس آدمز[1]، دليل الرحّالة المتطفلين إلى المجرّة

كما أعتقد، أن تصيب مرة وتخطئ أخرى فهو أمر جيد. خمّنا نحن علماء الكون، عن صحة كما اتضح، أن الكون مسطح، لهذا لم يحرجنا الاكتشاف الصادم بأن الفضاء الفارغ يحوي طاقة بالفعل؛ كافية في الحقيقة للهيمنة على تمدُّد الكون. كان وجود هذه الطاقة مسألة غير قابلة للتصديق، بل إن المسألة غير القابلة للتصديق أكثر هي أن هذه الطاقة ليست كافية لكي تجعل من الكون مكانًا غير مأهول. لأن طاقة الفضاء

(1) Douglas Adams روائي بريطاني وكاتب درامي إذاعي وموسيقار هاوٍ. من أشهر أعماله سلسلة روايات The Hitchhiker's Guide to the Galaxy.

الفارغ إذا كانت ضخمة بقدر التقديرات السابقة التي شرحتها في فصل سابق، لأصبح معدَّل التمدُّد عظيمًا جدًا، بحيث يسير كل شيء نراه الآن في الكون إلى ما وراء الأفق؛ ولأصبح الكون باردًا ومعتمًا وفارغًا تمامًا قبل أن تتكوَّن النجوم وشمسنا وكوكبنا الأرضي.

من بين كل الأسباب التي وراء فرضية أن الكون مسطَّح، ربما انبثق أبسطها إلى العقل من حقيقة أن الكون كان معروفًا جدًا، حتى إنه تقريبًا منبسط أمامنا. حتى في الأيام الأولى، قبل اكتشاف المادة المعتمة، قُدِّرت الكمية المعروفة من المادة المرئية في المجرات وحولها بواحد بالمائة، على الأرجح، من الكمية الكلية للمادة الضرورية لتكوين كون مسطَّح.

والآن، لا يبدو أن 1 بالمائة بالكمية الكبيرة، لكن كوننا قديم جدًا، وعمره يقدَّر بمليارات السنوات. إذا افترضنا أن تأثيرات قوة الجاذبية التي تتمتع بها المادة أو الإشعاع تهيمن على التمدد المتزايد، وهو ما اعتقدنا نحن الفيزيائيين أنه الحال دائمًا، من ثمَّ، لو أن الكون ليس مسطحًا، فسوف يبتعد أكثر وأكثر عن ذلك.

أما لو أن الكون مفتوح، يستمرّ معدَّل التمدُّد بمعدل أسرع مما كان يمكن لو أنه مسطَّح، إذ يدفع المادة بعيدًا عن بعضها أكثر وأكثر مقارنة بما كان يمكن أن يحدث في الحالة العكسية، ويقلِّص كثافتها الصافية وتصبح المحصلة النهائية للكثافة الضرورية لتكوين كون مسطح، في وقت سريع جدًا، رقمًا كسريًّا لامتناهي الصغر.

أما لو أن الكون مغلق، فإنه إذن سيبطئ التمدد بمعدل أسرع ويتسبَّب في انهياره داخليًّا مرة أخرى في نهاية المطاف. وفي هذه الأثناء، تتناقص الكثافة أولًا بمعدَّل أبطأ مما لو أنه كون مسطح؛ من ثم، تبدأ (الكثافة في التزايد) بينما ينهار الكون إلى الداخل مرة ثانية. ومجدَّدًا، يزداد مع الوقت الانحراف عن الكثافة المتوقَّعة لكون مسطَّح.

لقد تزايد حجم الكون بعامل قيمته تريليون منذ أن كان عمره ثانية واحدة. فلو أن كثافة الكون، عند لحظة مبكرة من عمره، لا تساوي التقدير المتوقع لكون مسطح، بل كانت، مثلا، 10 بالمائة فقط من تلك التي تلائم كونًا مسطحًا في ذلك الوقت، لتغيَّرت إذن كثافة كوننا عن قيمتها في كون مسطح بعامل يساوي تريليون على الأقل. هذا العامل أكبر بكثير من العامل 100 فقط المعروف الذي يفصل كثافة المادة المرئية في الكون عن الكثافة التي ينتج عنها كون مسطح.

كانت هذه المشكلة معروفة جدًا حتى في سبعينات القرن الماضي، وأصبحت معروفة باسم مشكلة التسطح Flatness Problem. إن التفكير في هندسة الكون يماثل تخيل قلم رصاص متوازن رأسيًا مرتكز على سِنّه فوق طاولة ما. إذ إن أقل اختلال في التوازن بطريقة أو أخرى سوف يتسبّب بسقوط القلم. هذا هو الحال مع كون مسطح. فأقل انحراف عن التسطح ينمو سريعا. لذلك، كيف يمكن أن يكون الكون قريبًا جدًا من التسطح لو لم يكن مسطحًا بالضبط؟

الإجابة بسيطة: لا بد أن يكون مسطحًا، اليوم!

هذه الإجابة -بالفعل- ليست بسيطة جدًا، لأنها تثير السؤال: كيف تواطأت الظروف الأوليّة لتشكيل كون مسطح؟

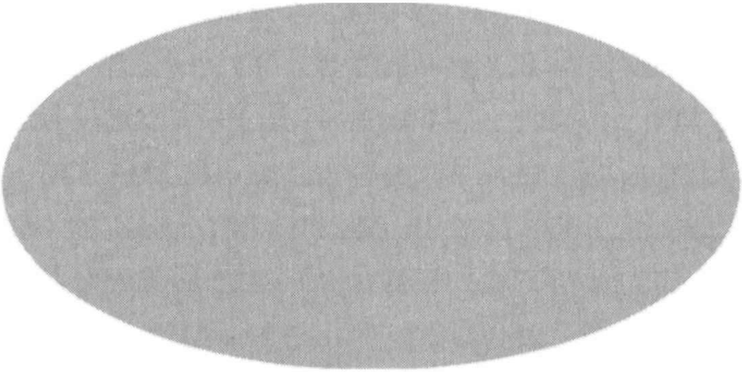
هناك إجابتان عن هذا السؤال الثاني والأكثر صعوبة. تعود الإجابة الأولى إلى عام 1981، حين فكّر فيزيائي نظري شاب وباحث في دراسات ما بعد الدكتوراه في جامعة ستانفورد Stanford University ، يُدعى آلان جوث Alan Guth ، في مشكلة تسطّح الكون ومشكلتين أخريين تتعلقان بالصورة القياسية عن الانفجار الكبير للكون: وهما مشكلة الأفق

Horizon Problem ومشكلة القطب الواحد[1] Monopole Problem.
وفي هذا المقام، تعنينا المشكلة الأولى، بما أن مشكلة القطب الواحد تزيد من صعوبة المشكلتين الأخريين فحسب.

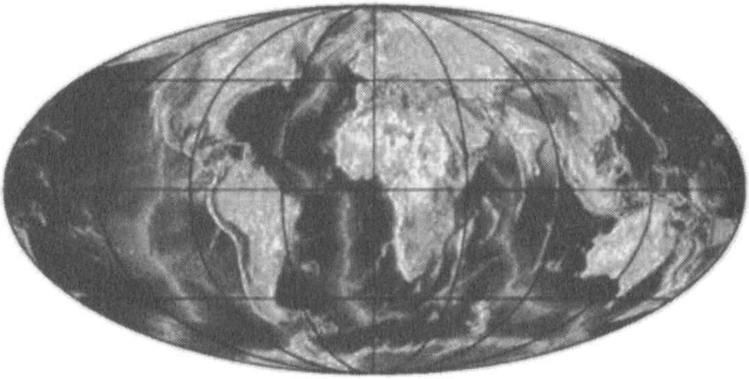
تتعلّق مشكلة الأفق بحقيقة أن إشعاع الخلفية المايكروني الكوني متجانس إلى أقصى حد. كما أن الانحرافات الحرارية الصغيرة (شرحتها في ما سبق، والتي تمثّل تغيرات الكثافة في المادة والإشعاع، حينما كان عمر الكون بضع مئات الآلاف من السنوات) تصل إلى أقل من 1 من 10.000 عند مقارنتها بكثافة الخلفية والحرارة المتجانستين. إذن، وبينما كنتُ أركِّزُ على الانحرافات الصغيرة، كان هناك سؤال أعمق وأكثر إلحاحًا: كيف أصبح الكون متجانسًا جدًّا في المقام الأول؟

في النهاية، لو أنني عرضتُ، عوضًا عن الصورة الأولى لإشعاع الخلفية المايكروني الكوني (حيث تظهر الانحرافات الحرارية التي تساوي أجزاء قليلة من 100.000 بألوان مختلفة) خريطة حرارية للسماء المايكرونية على مقياس خطِّي (مع تنوعات في الظلال تعكس تنوعات في الحرارة، تساوي على سبيل المثال ±0.03 درجة (كيلفن) في متوسِّط حرارة الخلفية بنحو 2.27 درجة فوق الصفر المطلق[2]، أو تنوعًا بمقدار 1 في 100 في المتوسط)، فإن الخريطة ستكون كما يلي:

(1) المقصود مشكلة التضخم الكوني التي سوف يناقشها المؤلف بهذا الاسم بعد ذلك.
(2) بمقياس كيلفن.



قارن هذه الصورة التي لا تحتوي هيكلًا ما يمكن تمييزه، بصورة مماثلة لكوكب الأرض، ذات حساسية أكبر قليلًا فحسب، وتنوعات لونية تعكس تنوعات متوسِّط الشُعاع بقدر جزء في 500 أو نحو ذلك:



لهذا، فإن الكون، متجانسٌ تجانسًا لا يصدَّق.

كيف يمكن أن يحدث هذا؟ حسنًا، قد يفترض الشخص ببساطة، أن الكون المبكِّر، كان ساخنًا وكثيفًا، وفي حالة توازن حراري thermal equilibrium. هذا يعني أنه كان يمكن أن تبرد أية نقطة ساخنة، وأن تسخن النقاط الباردة حتى تصل كل أجزاء السحب الأولية إلى درجة الحرارة ذاتها.

على أي حال، كما أشرتُ مبكِّرًا، حين كان عمر الكون بضع مئات الآلاف من السنوات، كان يمكن للضوء أن يسافر بضع مئات الآلاف من السنوات الضوئية، إذ يمثل نسبة مئوية صغيرة مما يسمى الآن الكون المرئي الكلي (هذه المسافة تمثل محض زاوية بقياس درجة واحدة على خريطة سطح التشتت الأخير الخلفي الميكروني الكوني كما هو مرئي اليوم). ونظرًا لأن آينشتاين يخبرنا أنه لا يمكن أن تنتشر المعلومات بسرعة أكبر من الضوء، في صورة الانفجار الكبير القياسية، فإنه من المستحيل أن يكون جزء واحد من الكون المرئي الآن في ذلك الوقت قد تأثَّر بوجود الأجزاء الأخرى وحرارتها بمقياس زاوي أعظم من درجة واحدة. لذلك، من المستحيل أن يكون الغاز قد أنتج نيوترونات حرارية على هذه المقاييس فينشأ تجانس حراري في كل الأنحاء.

كان جوث، المتخصِّص في فيزياء الجزيئات، يفكر في العمليات التي قد تكون حدثت في الكون المبكِّر، وربما لها علاقة بفهم هذه المشكلة حين توصَّل إلى إدراك عبقريٍ تمامًا. لو أن الكون مر بمرحلة انتقالية، أثناء بروده -كما يحدث مثلًا حين تتجمد المياه أو يتمغنط قضيب حديدي أثناء انخفاض درجة حرارته- فلن تُحَلَّ مشكلة الأفق فحسب، بل وكذلك مشكلة التسطح (وما يتعلق بمشكلة القطب الواحد).

لو أنك تحب شرب البيرة المثلَّجة، فلعلَّك مررت بالتجربة التالية: تأخذ علبة بيرة باردة من الثلاجة، وحين تفتحها ويتحرَّر الضغط من العلبة، تتجمَّد البيرة فجأة، وقد ينبعج جزء من العلبة أثناء ذلك. إن يحدث لأنه، تحت الضغط العالي، تكون حالة الطاقة الأدنى المفضلة على شكل سائل، لكن ما إن يتحرَّر الضغط، تتحوَّل حالة الطاقة الأدنى المفضلة إلى الحالة الصلبة. وخلال فترة الانتقال، يمكن أن تتحرَّر الطاقة، لأن حالة الطاقة الأدنى في مرحلة ما يمكن أن تتمتع بطاقة أقل

من حالة الطاقة الأدنى في مرحلة أخرى. وحين تنطلق هذه الطاقة، يُشار إليها بـ «الحرارة الكامنة Latent heat».

لقد أدرك جوث الآتي: بينما كان الكون نفسه يبرد مع تمدُّد الانفجار الكبير، فربما «عَلِق» تشكل المادة والإشعاع في الكون المتمدِّد في حالة من شبه الاستقرار لفترة ما إلى أن مرَّ هذا التشكل فجأة، بينما يبرد الكون أكثر، بمرحلة انتقالية إلى حالة طاقة مستقرَّة مفضَّلة من المادة والإشعاع. ربما أثَّرت جذريًا هذه الطاقة المخزّنة في تشكل «الخواء المزيف False Vacuum» للكون قبل أن تكتمل المرحلة الانتقالية («الحرارة الكامنة» للكون)- إذ أثَّرت على تمدُّد الكون أثناء الفترة التي سبقت المرحلة الانتقالية.

قد تسلك طاقة الخواء المزيفة طبقًا لما يجسِّده الثابت الكوني لأنها قد تسلك سلوك طاقة، تتخلَّل الفضاء الفارغ. كذلك، قد يؤدي هذا السلوك إلى تمدُّد الكون في ذلك الوقت بسرعة أكبر وأكبر. وفي النهاية، ربما ينمو أسرع من سرعة الضوء ما أصبح الآن كوننا المرئي. تسمح النسبية العامة بهذا، على الرغم من أنه، على ما يبدو، ينتهك النسبية الخاصة، التي تقول إن لا شيء يمكن أن يسافر بسرعة أكبر من سرعة الضوء. لكن يجب عليَّ أن أتصرف مثل محام، وأن أحلل هذه الجملة بحرص أكبر. تقول النسبية الخاصة إن لا شيء يمكن أن يسافر خلال الفضاء بسرعة أكبر من سرعة الضوء. لكن الفضاء في حد ذاته يمكن أن يفعل ما يرغب، على الأقل في النسبية العامة. إذ يمكن أن يحمل أثناء تمدده أجسامًا بعيدة، ساكنة لا تتحرك حيثما هي، يحملها بشكل يجعلها بعيدة عن بعضها بعضًا بسرعات أكبر من سرعة الضوء.

إن ذلك يشير إلى احتمالية تمدُّد الكون خلال هذه الفترة التضخمية inflationary period بمعامل أكبر من (10 أس 28). ومع أنه رقم هائل،

فالأرجح أنه حدث في كسر من الثانية في عمر الكون الأوليّ جدًا. إذ إنه في هذه الحالة، كان كل شيء داخل كوننا المرئي -قبل أن يقع التضخم- داخل منطقة أصغر كثيرًا من تلك المنطقة التي كان يمكن أن نقتفي أثرها رجوعًا لو لم يحدث التضخم، والأهم من هذا أنها صغيرة، إلى حد أنه كان يمكن للمنطقة كلها أن تجد الوقت الكافي لتنتج نيوترونات الحرارة وتصل إلى درجة الحرارة ذاتها بالضبط.

يخلق التضخم احتمالية توقّع نوعي نسبي آخر. حين تنتفخ بالون أكثر وأكثر، يصغر منحنى سطحها أكثر وأكثر. وبالمثل يحدث شيء من هذا القبيل مع الكون الذي يتسع حجمه تصاعديًا (أسيًا)، كما يمكن أن يحدث خلال التضخم؛ يحركه ثابت وطاقة خواء مزيّفة. وبالفعل فإنه مع الوقت الذي ينتهي معه التضخم (إذ يحل مشكلة الأفق) يتحرك انحناء الكون (لو أنه لم يكن صفرًا) إلى قيمة صغيرة جدًا، بحيث يبدو الكون، حتى اليوم، مسطحًا في الأساس حين يُقاس بدقة.

إن التضخم هو التفسير المقبول حاليًا فقط لكل من تجانس الكون وتسطحه، بناء على المبادئ الأساسية والنظريات الميكروسكوبية الحسابية في الجزيئات وتفاعلاتها. لكن بالإضافة إلى ذلك، يتيح التضخم توقعًا آخر، ربما يكون حتى أكثر إثارة للانتباه. فكما وصفت بالفعل، تنطوي قوانين ميكانيكا الكم على أن الفضاء الفارغ، على مقياس محدود جدًا، ولفترات زمنية قصيرة جدًا، يمكن أن يبدو في حالة تشبه سائل يغلي ويفور من الجزيئات الافتراضية ومن حقول يتموَّج حجمها تموجًا كبيرًا. ولعل تلك «التموجات الكمية quantum fluctuation» مهمَّة لتحديد خواص البروتونات والذرات، ولكنها غير مرئية -عمومًا- على المقياس الضخم، وهو أحد الأسباب التي تجعلها تبدو لنا غير طبيعية.

على أي حال، يمكن أن تحدِّد تلك التموجات الكمية، خلال التضخم، متى سوف تنهي المناطق الصغيرة المختلفة الأخرى من الفضاء فترة تمددها المتصاعد أسيًا. ومع توقف تضخُّم المناطق المختلفة عند أوقات مختلفة اختلافًا ضئيلًا (ميكروسكوبيًا)، فإن كثافة المادة والإشعاع يختلفان اختلافًا ضئيلًا كذلك في كل منطقة، وهما اللذين ينتجان عن تحرر طاقة الخواء المزيف، في شكل طاقة حرارية في تلك المناطق المختلفة.

يتضح أن نمط تموجات الكثافة التي تنتج بعد التضخّم -أؤكد أنها تنتج عن التموجات الكمية في الفضاء الفارغ الآخر- يتفق اتفاقًا دقيقًا مع النمط المرئي للنقاط الباردة والنقاط الساخنة على مقاييس ضخمة في إشعاع الخلفية المايكروني الكوني. ورغم أن الانسجام ليس دليلًا بالطبع، إلا أن هناك رأيًا تتزايد قوته بين علماء الكون مجدَّدًا، مؤداه: لو أنه يمشي مثل البطة ويبدو مثل البطة ويبطبط مثل البطة، فهو على الأرجح، بطة! ومن ثم إذا كان التضخم مسؤولًا فعليًا عن كل التموجات الصغيرة في كثافة المادة والإشعاع التي ينتج عنها فيما بعد انهيار المادة داخليًا بسبب الجاذبية إلى مجرات ونجوم وكواكب وناس، فيمكن إذن القول إننا هنا اليوم بسبب التموجات الكمية في ما هو أساسًا اللاشيء.

إن هذا أمر لافت للنظر للغاية وأريد أن أؤكده مرة ثانية. لقد تجمَّدت التموجات الكمية -التي كان يمكن أن تكون من ناحية أخرى غير مرئية تمامًا- بسبب التضخم، وانبثقت بعد ذلك في صورة تموجات الكثافة التي تنتج كل شيء نراه! لو أننا كلنا من تراب النجوم، كما كتبت، أمر صحيح، فإنه أمر صحيح كذلك، أنه إذا كان التضخم قد حدث، فإننا كلنا، انبثقنا، حرفيًا من اللاشيء الكمي.

هذا أمر غير بديهي إلى حدٍّ صادم بحيث قد يبدو سحريًا. ولكن هناك

وجهًا واحدًا على الأقل من كل شعوذة التضخم هذه، ربما يبدو باعثًا على القلق خاصة. من أين تأتي كل الطاقة في المقام الأول؟ كيف يمكن أن تنتهي منطقة صغيرة ميكروسكوبيًا إلى منطقة بحجم الكون اليوم مع مادة كافية وإشعاع داخلها لتفسير كل شيء نراه؟

وبشكل أكثر عمومية ربما نسأل سؤالًا: كيف تظل كثافة الطاقة ثابتة في كون يتمدَّد بثابت كوني، أو بطاقة خواء مزيفة؟ في النهاية، في كون مثل كوننا، يتمدَّد الفضاء تصاعديًا، بحيث لو ظلت كثافة الطاقة ثابتة، سوف تنمو الطاقة الكلية داخل أي منطقة مع نموها. والآن ماذا حدث لقانون الحفاظ على الطاقة؟

إن هذا مثال على ما سمَّاه جوث «وجبة الغذاء المجاني» الأخيرة. إذ تتيح الجاذبية للأجسام أن تتمتع- للروعة- بطاقة «موجبة» و «سالبة» كذلك. حيث يسمح هذا الجانب من الجاذبية باحتمالية اكتمال مكونات الطاقة الموجبة مثل المادة والإشعاع بتشكلات طاقة سالبة negative energy configurations، توازن تمامًا طاقة مكونات الطاقة الموجبة المتكونة. و بهذا، يمكن أن تبدأ الجاذبية بكون فارغ؛ وتنتهي بواحد ممتلئ.

قد يبدو الأمر نوعًا من الخداع، لكنه في الحقيقة الجزء الأساسي من الروعة الحقيقية التي يعيشها العديد منا مع كون مسطح، وهو شعور لعلك ألفته منذ دراستك الثانوية.

فكِّر في رمي كرة في الهواء. بشكل عام، ستعود الكرة إلى الأسفل. ثم ارمها إلى الأعلى بقوة أكبر (بافتراض أنك لست في مكان مغلق). سوف تسافر عاليًا وتبقى في الأعلى مدة أطول قبل أن تعود. أخيرًا، لو رميتها بقوة كافية، فإنها لن تعود إلى الأسفل أبدًا... سوف تهرب من مجال جاذبية الكرة الأرضية وتظل منطلقة في الكون.

كيف نعرف متى تهرب الكرة؟ نستخدم مسألة بسيطة في حساب الطاقة. يتمتع الجسم المتحرِّك في مجال جاذبية الكرة الأرضية بنوعين من الطاقة. أولهما، طاقة الحركة وتسمَّى الطاقة الحركية (Kinetic energy) من الكلمة اليونانية التي تعني حركة. وهي الطاقة التي تعتمد على سرعة الجسم وتكون موجبة دائما. بينما النوع الثاني من الطاقة يسمَّى الطاقة الكامنة (يتعلَّق باحتمالية أن تفعل عملًا) وهي سالبة عامة.

هذا هو الوضع لأننا نحدِّد طاقة الجاذبية الكلية لجسم في موقع ما ساكن، لا يتحرَّك بعيدًا عن أي جسم آخر بأنه صفر، وهو ما يبدو معقولًا. إن الطاقة الحركية تساوي صفرًا بوضوح، ونحدِّد الطاقة الكامنة صفرًا في هذه النقطة، ولهذا تكون طاقة الجاذبية الكلية صفرًا.

إذا لم يكن الجسم بعيدًا بعدًا لانهائيًا عن كل الأجسام الأخرى، لكنه قريب من جسم ما مثل كوكب الأرض، فإنه سوف يبدأ في السقوط تجاه كوكب الأرض بسبب قوة للجاذبية. كما أن سرعته ستتزايد أثناء سقوطه، ولو اصطدم بشيء ما في طريقه (مثلًا، رأسك)، يمكن أن يقوم بفعل ما، كأن يشقها أو يقطعها. وكلما كان الجسم أقرب من سطح الأرض لحظة انطلاقه، قلَّت احتمالية الفعل الذي يستطيع القيام به لحظة اصطدامه بكوكب الأرض. لهذا، تتناقص القوة الكامنة كلما اقتربت من كوكب الأرض. بينما لو أن الطاقة الكامنة تساوي صفرًا حين يكون الجسم بعيدًا بعدًا لانهائيًا عن كوكب الأرض، فلا بد أن يحصل على طاقة سالبة أكبر وأكبر كلما اقترب من كوكب الأرض لأن طاقته الكامنة للقيام بفعل ما تتناقص كلما اقترب.

في الميكانيكا الكلاسيكية، كما عرفتها هنا، يكون تعريف الطاقة الكامنة اعتباطيًا. يمكن أن أحدد الطاقة الكامنة لجسم بصفر على سطح الكرة الأرضية، ثم يمكن أن يكون رقمًا ما أكبر حين يكون الجسم بعيدًا

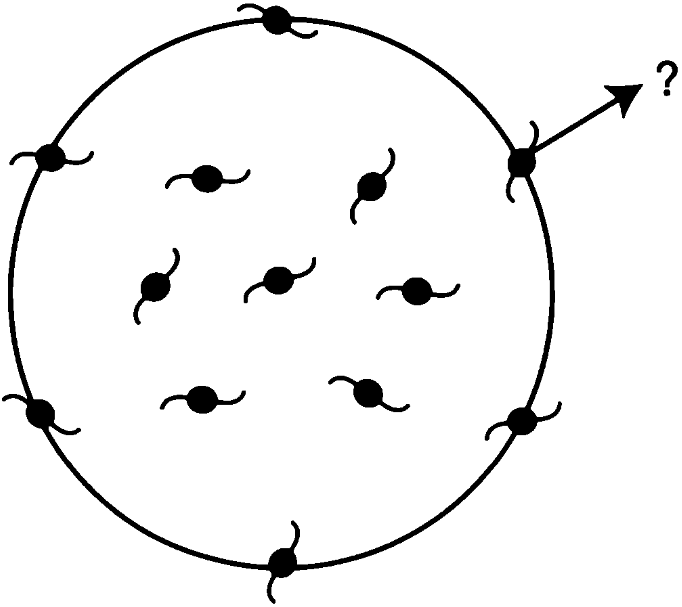
بعدًا لانهائيًا. إن تحديد الطاقة الكلية بصفر في اللانهائي له معنى فيزيقي، لكنه عند هذا الحد من مناقشتنا -على الأقل- مجرَّد اتفاق.

بغضّ النظر عن المكان الذي يحدد فيه الشخص نقطة الصفر للطاقة الاحتمالية لجسم ما، فإن الأمر الرائع الذي تتمتع به الأجسام، التي تخضع لقوة الجاذبية فقط، أن مجموع طاقتها الكامنة والحركية يظل ثابتًا. بينما تسقط الأجسام، تتحوَّل الطاقة الكامنة فيها إلى طاقة حركية، وحين ترتفع إلى الأعلى بعيدًا عن الأرض، تعود الطاقة الحركية لتتحول إلى كامنة.. وهكذا.

إن هذا يتيح لنا أداة تدوين رائعة، نحدِّد بها قدر السرعة التي يحتاجها الشخص لكي يرمي شيئًا ما إلى أعلى في الهواء ليفلت من جاذبية الأرض، نظرًا لأنه إذا أمكن له الوصول في النهاية إلى مكان بعيد جدًا لانهائيًا عن الأرض، فلا بد أن تكون طاقته الكلية أكبر من صفر أو تساويه. من ثمَّ، يجب عليَّ أن أؤكد ببساطة أن طاقة جاذبيته الكلية في الوقت الذي يترك فيه يدي أكبر من صفر أو تساويه. وبما أنني لا أستطيع أن أسيطر إلا على وجه واحد فقط من طاقته الكلية -أي السرعة التي يترك بها يدي- فكل ما عليَّ أن أفعله هو إيجاد السرعة السحرية التي تتساوى عندها الطاقة الحركية الموجبة للكرة مع الطاقة الكامنة السالبة لها بسبب الجاذبية عند سطح كوكب الأرض. تعتمد كلٌّ من الطاقة الحركية والكامنة بالطريقة نفسها تمامًا على كتلة الكرة، التي تُلغى حين تتعادل هاتان الكميتان، ويجد الشخص «سرعة انفلات» واحدة لكل الأجسام من على سطح الأرض، تُقدَّر بنحو 7 أميال/ ثانية تقريبًا، حين تكون طاقة الجاذبية للجسم صفرًا.

لعلك تتساءل، ما علاقة كل هذا بالكون عامة، والتضخم خاصة؟ حسنًا، ينطبق الحساب نفسه الذي وصفته لكرة أرميها من فوق سطح الأرض، على كل جسم في الكون المتمدِّد.

تخيَّل أن ثمَّة منطقة كروية من كوننا تتمركز على موقعنا (في مجرة درب التبانة) وأنها ضخمة بما يكفي لكي تحتوي كثيرًا من المجرَّات، ولكنها صغيرة بما يكفي بحيث تقع داخل المسافات الأضخم التي نرصدها اليوم:



لو أن المنطقة كبيرة بما يكفي لكنها ليست كبيرة جدًّا، فإن المجرَّات التي تقع على حافة المنطقة بعيدًا عنَّا سوف تتراجع باطراد بسبب تمدُّد هابل، ولكن سرعاتها ستكون أقل كثيرًا من سرعة الضوء. في هذه الحالة، ينطبق قانون نيوتن، ويمكننا أن نتجاهل تأثير النسبية العامة والخاصة. وبكلمات أخرى، تحكم قوانين الفيزياء -التي تتطابق مع تلك التي تنطبق على الكرة التي تخيَّلتُ توًّا محاولة طردها من الأرض- كل الأجسام.

تخيَّل المجرة المبيَّنة في الصورة السابقة، إذ تتحرَّك بعيدًا عن مركز التوزيع كما هو مبيَّن. والآن كما هو حال الكرة بالنسبة إلى الأرض

تمامًا، يمكن أن نسأل ما إذا كانت المجرة قادرة على أن تفلت من سحب الجاذبية لكل المجرات الأخرى داخل المجال أم لا. ويماثل تحديدًا الحساب الذي يمكن أن نجريه لتحديد الإجابة مع الحساب الذي أجريناه في حالة الكرة. إننا نحسب ببساطة طاقة الجاذبية الكلية للمجرة، بناء على حركتها إلى الخارج (مع معطى طاقتها الموجبة)، وسحب الجاذبية للمناطق المجاورة لها (بشرط جزء الطاقة السالبة). فإذا كانت طاقتها الكلية أكبر من صفر، فإنها تفلت إلى اللانهائي، ولو أنها أقل من صفر، فسوف تتوقَّف وتسقط إلى الداخل.

والآن، بشك لافت للانتباه من الممكن أن نبيِّن أننا نستطيع إعادة كتابة معادلة نيوتن البسيطة، عن طاقة الجاذبية الكلية لهذه المجرة، بطريقة تستخلص معادلة آينشتاين بالضبط من النسبية العامة بالنسبة لكون متمدِّد. ومن ثم يصبح الحد الذي يطابق طاقة الجاذبية الكلية للمجرة -في النسبية العامة- هو الحد الذي يصف انحناء الكون.

إذن ما الذي نجده حينئذ؟ في كون مسطح -وفي كون مسطح فقط- سنجد أن متوسط طاقة الجاذبية لدى نيوتن لكل جسم متحرك مع التمدد يساوي صفرًا.

إن هذا الأمر هو ما يضفي الخصوصية على الكون المسطح. ففي مثل هذا الكون تلغي الطاقة السالبة لقوة الجاذبية الطاقة الموجبة للحركة.

حين نبدأ في تعقيد الأشياء بالسماح للفضاء الفارغ أن يتمتَّع بطاقة، يصبح التماثل النيوتني للكرة المرمية إلى الأعلى في الهواء غير صحيح، ولكن يظل الاستنتاج نفسه جوهريًا. وفي كون مسطح -حتى مع ثابت كوني صغير- ما دام المقياس صغيرًا بما يكفي بحيث تكون السرعات أقل بكثير من سرعة الضوء، فإن طاقة الجاذبية لدى نيوتن والتي ترتبط بكل جسم في الكون تساوي صفرًا.

في الحقيقة، تصبح «وجبة الغذاء المجاني» لجوث، مع طاقة الخواء، أكثر درامية. مع تمدد كل منطقة من الكون إلى حجم أكبر، فإنها تقترب أكثر وأكثر لأن تصبح مسطحة، ولذا نجد أن طاقة الجاذبية الكلية النيوتونية تساوي صفرًا لكل الأشياء التي نتجت بعد طاقة الخواء، خلال التضخم وتتحوَّل إلى مادة وإشعاع.

لكن يمكنك أن تتساءل، من أين تأتي كل الطاقة لكي تجعل كثافتها ثابته خلال التضخم، حين يتمدَّد الكون تصاعديًا؟ وهنا، يأتي دور بعد آخر مدهش من النسبية العامة: ليس فقط بإمكان طاقة الجاذبية التي تتمتع بها الأجسام أن تظل سالبة، بل إن «ضغطها» النسبي يمكن أن يظل سالبًا.

إن تصور الضغط السالب أصعب من الطاقة السالبة، فمثلًا يقوم الغاز، في بالون على سبيل المثال، بالضغط على جوانب البالون. وفي فعل هذا، فإن الغاز إذا كان يمدِّد جدران الكرة، فهو يقوم بعمل على البالون. يتسبَّب العمل في أن يفقده طاقة ويجعله يبرد. من ناحية أخرى، يتضح أن طاقة الفضاء الفارغ، تتمتع بقوة ثقل نافرة، لأنها تتسبَّب في أن يتمتع الفضاء الفارغ بضغط «سالب». ونتيجة لهذا، يعمل الكون فعليًا على الفضاء الفارغ أثناء تمدده، يمتد هذا العمل إلى الحفاظ على كثافة الطاقة الثابتة للفضاء حتى أثناء تمدُّد الكون.

لذلك، فإنه حتى لو انتهت الصفات الكمية للمادة والإشعاع إلى منح منطقة صغيرة صغرًا لانهائيًا من الفضاء الفارغ طاقة في الأوقات المبكرة جدًا، فإن هذه المنطقة يمكن أن تنمو إلى حجم ضخم ومسطح اعتباطيًا. وحين ينتهي التضخم، يمكن أن ينتهي الشخص بكون مليء بالمادة (مادة وإشعاع)، وتكون قيمة طاقة الجاذبية النيوتونية لتلك المواد قريبة بما لايمكن أن يتصوره الشخص إلى الصفر.

إذن حين هدأ كل التراب، وبعد قرن من المحاولة، قمنا بقياس انحناء الكون ووجدناه يساوي صفرًا. ويمكنك أن تفهم سبب أن كثيرًا من المنظّرين أمثالي وجدوا أن هذا ليس أمرًا مرضيًا فحسب، بل أمر موحٍ جدًا.

كون من لا شيء.. فعلًا.

الفصل السابع

مستقبلنا التعس

«إن المستقبل ليس ما اعتدنا عليه».

يوجي بيرا [1]

من الرائع والمثير على السواء -بمعنى ما من المعاني- أن نجد أنفسنا في كون يهيمن عليه اللاشيء. لقد شكّلت التموجاتُ الكمية البُنى التي نراها مثل النجوم والمجرات من اللاشيء. ويعادل متوسط الطاقة الكلية للجاذبية النيوتونية، لكل جسم في كوننا «لا شيء». حاول أن تستمتع بالفكرة قدر استطاعتك، إذا رغبت، لأنه إذا كان كل هذا صحيحًا، فنحن نعيش على الأرجح في أسوأ كون من الأكوان، التي يمكن أن يعيش فيها شخص، على الأقل بقدر ما يعنينا مستقبل الحياة.

تذكر أن آينشتاين، منذ قرن مضى فقط، كان أول من طوَّر النظرية

---

(1) YOGI BERRA (1925-) لاعب كرة سلة أمريكي.

العامة في النسبية. وكان الاعتقاد السائد حينذاك أن كوننا استاتيكي وأبدي. في الحقيقة، لم يسخِّف آينشتاين من اقتراح لوميتر لنظرية الانفجار الكبير فقط، ولكنه ابتكر كذلك الثابت الكوني لكي يتيح القول بوجود كون استاتيكي.

الآن، وبعد مضيّ قرن، يمكن أن نشعر، نحن العلماء، بالاعتداد؛ لأننا اكتشفنا التمدد الخفي للكون، والخلفية المايكرونية الكونية، والمادة المعتمة، والطاقة المعتمة.

لكن ما الذي سيأتي به المستقبل؟

شِعر.... من نوع ما.

تذكَّر أن استنباط هيمنة تمدد كوننا على يد طاقة الفضاء الفارغ، انبثق -على مايدو- من حقيقة أن هذا التمدد يتسارع. وأن كوننا المرئي، مثلما يحدث تمامًا مع التضخم، كما شرحته في الفصل السابق، على عتبة التمدد بسرعة أكبر من سرعة الضوء. ومع مرور الوقت، وبسبب التمدد المتسارع، لن يزداد الأمر إلا سوءًا.

إن هذا يعني أننا كلما انتظرنا أطول، قلّ ما نستطيع أن نراه. إن المجرات التي نستطيع أن نراها الآن، سوف تبتعد، يومًا ما في المستقبل، بسرعة أكبر من سرعة الضوء، ما يعني أنها لن تكون مرئية بالنسبة لنا. إذ لن يستطيع الضوء الذي تبعثه أن يحقِّق التقدم في مواجهة تمدُّد الفضاء، ولن يصلنا أبدًا مرة ثانية. سوف تختفي تلك المجرات من أفقنا.

تختلف الطريقة التي يحدث بها هذا عمَّا يمكن أن تتصوَّره. لن تختفي المجرات فجأة أو تنطفئ في لمحة بصر في سماء الليل. على الأحرى، وبما أن سرعتها المتراجعة تقترب من سرعة الضوء، فسوف يزيد الانزياح الأحمر في النور الذي ينبعث من تلك الأجسام. وفي النهاية، يتحرَّك ضوؤها المرئي إلى أشعة تحت حمراء، وكهرومغناطيسية، وموجات

إشعاعية.. إلخ، إلى أن ينتهي الأمر بأن يصبح الضوء الذي تبعثه أكبر من حجم الكون المرئي، حيث يصبح عند هذه المرحلة غير مرئي، إجرائيًا.

إننا نستطيع أن نحسب المدة التي يستغرقها حدوث هذا. وبما أن المجرَّات في عنقودنا ترتبط معًا بقوة الجاذبية المتبادلة بينها، فإنها لن تتراجع حسب تمدُّد الخلفية الكوني، الذي اكتشفه هابل. إن المجرات التي توجد خارج مجموعتنا تمامًا، تقع على بعد 5000/ 1 من المسافة التي تصل بها إلى النقطة التي تقترب فيها سرعة تراجع الأجسام من سرعة الضوء. لذا فإنها ستحتاج إلى 150 مليار عام، أي نحو 10 أضعاف عمر الكون الحالي، لكي تصل إلى النقطة التي سيكون عندها كل الضوء المنبعث من النجوم داخل المجرات قد تحوَّل (انزاح) إلى انزياح أحمر بعامل 5000 تقريبًا. ومع مرور تريليوني عام، سوف يكون ضوؤها ذا انزياح أحمر بقدر يعادل أطوال موجاته حجم الكون المرئي، وسوف تختفي، حرفيًا، بقية الكون.

قد يبدو تريليونا عام مدة طويلة، وهي كذلك بالفعل. من ناحية أخرى وعلى مستوى المقاييس الكونية، هي لا شيء مقارنة بالأبدية. إن نجوم «النسق الأساسي main sequence» الأطول عمرًا (التي تتمتع بقصة نشوء وتطور مماثلة لشمسنا) تتمتع بأعمار أطول كثيرًا من شمسنا وسوف تظل تشع لمدة تريليوني عام قادمين (حتى حين تموت شمسنا خلال 5 مليارات عام تقريبًا). ولذا، فمن المحتمل أن تنشأ حضارات في المستقبل البعيد على الكواكب التي تحيط تلك النجوم، تعضدها القوة الشمسية والمياه والمواد العضوية. وربما يكون هناك علماء فلك مع تليسكوباتهم على تلك الكواكب. إلا أنهم حين ينظرون إلى الكون، سوف يكون كل شيء نراه الآن -المجرات الأربعمائة جميعها التي تسكن حاليا كوننا المرئي- قد اختفى.

حاولتُ أن أستخدم هذه الحجة مع الكونجرس لأستحثه على تخصيص تمويل مالي لعلم الكون الآن، بينما لا يزال لدينا وقت لرصد كل ما نستطيع! غير أن عامين فقط بالنسبة إلى عضو الكونجرس مدة طويلة، فما بالك بتريليوني عام، هذه مسألة لا يمكن تصورها.

على أي حال، سوف يُصاب علماء الفلك هؤلاء في المستقبل البعيد بالدهشة، لو أن لديهم أي فكرة عمَّا سيفوتهم، ولن يحدث ذلك، ليس فقط لأن باقي الكون سيختفي، كما أدركت أنا وصديقي روبرت شيرر Robert Scherrer من ڤاندربلت Vanderbilt منذ عدة سنوات مضت، بل سوف تختفي كذلك كل الأدلة التي تبرهن لنا على أننا نعيش في كون متمدِّد بدأ بالانفجار الكبير، إلى جانب كل الأدلة -التي ذكرتها- على وجود الطاقة المعتمة في الفضاء الفارغ والتي سوف تكون مسؤولة عن هذا الاختفاء.

وفي حين كان ثمَّة اعتقاد سائد -منذ أقل من قرن مضى- أن الكون استاتيكي وأبدي؛ بنجوم وكواكب تأتي وتذهب، فإن الكون ذاته يبقى طويلًا، من منظور مقاييسه الضخمة، في المستقبل البعيد، وبعد أن تكون قد تراجعت على الأرجح بقايا الكواكب والحضارات إلى سلة مهملات التاريخ، فسوف يعود مرة أخرى، منتقمًا، الوهم الذي عزَّز حضارتنا حتى عام 1930.

هناك ثلاث ركائز أساسية من الملاحظات العلمية أدت إلى إثبات الصحة الإمبريقية لنظرية الانفجار الكبير، بحيث كان سيُفرض علينا إدراك أن الكون بدأ في حالة ساخنة ومكثفة، حتى لو لم يعش آينشتاين ولوميتر. هذه الركائز الثلاث هي: رصد التمدد لدى هابل، رصد الخلفية المايكرونية الكونية، ورصد الاتفاق بين زخم عناصر الضوء- الهيدروجين، والهليوم والليثيوم- الذي قسناه في الكون، مع الكميات التي تم توقّعها نظريًا، بأنها نتجت خلال الدقائق القليلة الأولى من تاريخ الكون.

فلنبدأ برصد التمدد لدى هابل. كيف نعرف أن الكون يتمدَّد؟ إننا نقيس سرعة تراجع الأجسام البعيدة كعامل يحدِّد مسافتها. من ناحية ثانية، وعلى أي حال فإنه بمجرد أن تختفي كل الأجسام المرئية خارج عنقودنا (حيث ترتبط معًا بقوة الجاذبية) من أفقنا، فلن تكون هناك أي آثار تدل على التمدد يمكن للراصدين أن يقتفوها؛ لا نجوم، ولا مجرات، ولا أجرام فلكية، ولا حتى سحب غاز. سوف يكون التمدد فعّالًا جدًا بحيث سوف يزيل كل الأجسام من مجال رؤيتنا، الأجسام التي تبتعد عنًا بالفعل.

بالإضافة إلى ذلك، فإنه في فترة قياسية زمنية، أقل من تريليوني عام أو نحو ذلك، سوف تلتحم كل المجرات في مجموعتنا في مجرة خارجية ضخمة large meta- galaxy. وسوف يرى الراصدون في المستقبل البعيد ما رآه الراصدون تقريبًا في عام 1915: مجرَّة واحدة تستضيف نجمهم وكوكبهم، ويحيط بها فضاء واسع وفارغ واستاتيكي.

تذكَّر كذلك أن كل الأدلة على أن الفضاء الفارغ يتمتع بطاقة، قد انبثقت من رصد معدل التسارع لكوننا المتمدد. ولكن، مرة أخرى، من دون آثار يمكن اقتفاؤها على التمدد، فإنهم لن يرصدوا تسارع كوننا المتمدِّد. فعليًا إننا -وبمحض مصادفة غريبة- نعيش في الحقبة الوحيدة من تاريخ الكون التي يمكن خلالها الاستدلال على وجود الطاقة المعتمة، التي تتخلَّل الفضاء الفارغ واكتشافها. كما أنه حقيقي كذلك، أن هذه الحقبة تمتد إلى عدة ملايين المليارات من الأعوام، ولكنها تمثل في كون متمدِّد تمدُّدًا أبديًا مجرد طرفة عين كونية.

لو افترضنا أن طاقة الفضاء الفارغ ثابتة تقريبًا، كما يمكن أن يكون الوضع بالنسبة للثابت الكوني، فمن ثم، فاقت كثافة طاقة المادة والإشعاع في الأوقات المبكرة، تلك الكثافة التي يتمتع بها الفضاء الفارغ. وذلك

ببساطة لأن كثافة المادة والإشعاع -بما أن الكون يتمدَّد- تقل مع زيادة التمدُّد لأن المسافة بين الجزيئات تزيد، فيقل بالتالي عدد الأجسام في كل حجم. في الأوقات المبكرة، مثلًا من 5 إلى 10 مليارات سنة مضت، فمن المحتمل أن تكون كثافة المادة والإشعاع أكبر كثيرًا مما هي اليوم. لذلك كانت تهيمن على الكون في ذلك الوقت المادة والإشعاع، مع قوة الجاذبية الناتجة عنهما. وفي هذه الحالة، من المحتمل أن يكون تمدد الكون في تلك الأوقات المبكرة قد تباطأ، فيصبح تأثير جاذبية طاقة الفضاء الفارغ غير قابل للرصد.

وعلى المنوال ذاته، فإنه في المستقبل البعيد، حين يكون عمر الكون عدة مئات المليارات من الأعوام، فسوف تتناقص كثافة المادة والإشعاع، ويمكن لشخص أن يحسب أن الطاقة المعتمة سوف تتمتع بمتوسط كثافة مفرط يصل إلى أكبر من ألف مليار كثافة كل من المادة والإشعاع المتبقيان في الكون. وحينئذ، سوف تتحكم تلك الطاقة تمامًا في ديناميكيات قوة جاذبية الكون على نطاق واسع. وعلى أي حال، في ذلك العمر المتقدِّم، سوف يصبح التمدُّد المتسارع غير قابل للرصد. في هذا السياق، تؤكد طاقة الفضاء الفارغ، بسبب طبيعتها، أن هناك وقتًا محدَّدًا، يمكن رصدها خلاله؛ وللروعة، فنحن نعيش خلال هذه اللحظة الكونية.

ماذا عن الركيزة الرئيسة الأخرى في نظرية الانفجار الكبير؛ الإشعاع الخلفي المايكروني الكوني، الذي يمدنا بصورة صغيرة عن الكون؟ أولا، حيث إن الكون سيتمدد بسرعة أكبر في المستقبل، فسوف تهبط حرارة الإشعاع الكوني. وحين يصل الكون المرئي الحالي إلى حجم أكبر 100 مرة من حجمه الآن، فسوف تهبط حرارة الإشعاع الكوني بعامل قدره 100، وتهبط كثافة الطاقة المخزّنة به بعامل 100 مليون، مما يجعله أصعب على الاكتشاف 100 مليون مرة عمَّا هو عليه الآن.

ولكن، في النهاية، استطعنا أن نكتشف الخلفية المايكرونية ونفحصها، وسط كل الضجيج الإلكتروني الآخر، فوق سطح كوكب الأرض، ونستطيع -كذلك- أن نتخيل أن الراصدين في المستقبل البعيد سوف يكونون أذكى 100 مليون مرة من هؤلاء الراصدين الذين ننعم بهم اليوم، ومن ثم فإن الأمل لا يزال موجودًا. للأسف، من الواضح أن أذكى راصد يمكن أن يتصوره الشخص، مع أكثر الأدوات المبتكرة حساسية، لا يزال يعوزه الحظ في المستقبل البعيد. لأن هناك في مجرتنا (أو المجرة الخارجية، التي سوف تتكون حين تندمج مجرتنا مع جاراتها، إذ تبدأ الاندماج مع مجرة المرأة المسلسلة Andromeda[1] في غضون 5 مليارات عام) غازًا ساخنًا بين النجوم، والذي يتأيّن[2]، فيحتوي على إلكترونات حرة، وبالتالي يسلك مسلك البلازما. وكما شرحت في وقت سابق، تُعد هذه البلازما مبهمة لأنواع عديدة من الإشعاع.

هناك شيء ما اسمه «تردد البلازما»، حيث يستطيع الإشعاع تحتها أن يخترق البلازما دون أن تمتصه. وبناء على الكثافة المرئية الحالية للالكترونات الحرة في مجرتنا، فمن الممكن أن نقدّر تردد البلازما في مجرتنا، وحين نفعل هذا، سيتمدد إشعاع الخلفية المايكرونية الكوني من الانفجار الكبير، حين يصل الكون إلى 50 ضعف عمره الحالي، أي إلى أطوال موجية طويلة بما يكفي، وبالتالي إلى ترددات منخفضة بما

---

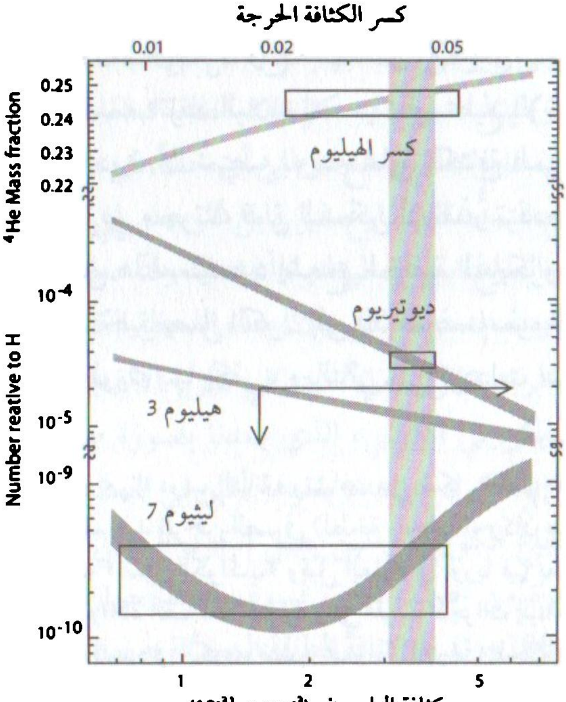
(1) مجرة حلزونية تشبه مجرتنا درب التبانة، وتشاهد على شكل سديم خافت، أو كما سماها الفلكي المسلم عبد الرحمن الصوفي (لطخة سحابية)، وكان هذا العالم أول من حددها في كتابه «صور الكواكب» وقبل العلماء في أوربا فيما بعد. تبعد هذه المجرة عنا مليونين و250 ألف سنة ضوئية وهي أقرب المجرات إلينا، وتشترك مع مجرتنا في الجاذبية والتمدد في الكون، ضمن مجموعة المجرات المحلية.

(2) عملية تحول الذرة أو الجزء إلى أيونات، عن طريق إضافة أو إزالة جسيمات مشحونةمن الإلكترونات أو أيونات أخرى.

يكفي، بحيث تصبح أقل من تردد بلازما مجرتنا (الخارجية) المستقبلية، في ذلك الوقت. وفيما بعد، لن يستطيع الإشعاع الوصول إلى مجرتنا (الخارجية) لكي يمكن رصده، أيًا كانت دقة وحرص الراصد. عندها، سيختفي أيضًا إشعاع الخلفية المايكروني الكوني.

وبالتالي لن يكون هناك تمدد مرئي، ولا توهُّج لاحق متبقٍ من الانفجار الكبير. ولكن ماذا عن زخم عناصر الضوء -الهيدروجين والهيليوم والليثيوم- التي تمنح الانفجار الكبير بَصْمَته الخاصة المباشرة؟

وبالفعل فإنه كما شرحت في الفصل الأول، حينما أقابل شخصًا ما لا يصدق وقوع الانفجار الكبير، أحب أن أريه الرسم التالي الذي أحتفظ به في محفظتي، ثم أقول: «انظر! كان هناك انفجار كبير!».



أعرف أن هذا الرسم يبدو معقدًا للغاية، لكنه يبين بالفعل الزخم المتوقَّع النسبي للهيليوم والديوتيريوم والهيليوم-3، والليثيوم، مقارنة بالهيدروجين، بناء على فهمنا الحالي للانفجار الكبير. يعرض المنحنى الأعلى الذي يتجه إلى الأعلى يمينا، الزخم المتوقع للهيليوم، ثاني أكبر العناصر زخمًا في الكون وزنًا، مقارنة بالهيدروجين (الأكثر زخمًا). يمثل المنحنيان التاليان، اللذين يتجهان إلى الأسفل يمينًا الزخم المتوقع للديوتيريوم والهيليوم-3، على التوالي، ليس وزنًا ولكن بعدد الذرات مقارنة بالهيدروجين. أخيرًا، يمثل المنحنى الأدنى، الزخم المتوقع لأخف عنصر تالٍ، وهو الليثيوم، من حيث عدد الذرات أيضًا.

إن الزخم المتوقع مرسوم على أنه عامل الكثافة الكلية المفترضة، للمادة العادية (المصنوعة من الذرات) في الكون اليوم. وإذا لم يكن هذا التنوع في الكمية قد أنتج مزيجًا من كل الزخم العنصري المتوقع، الذي يتوافق مع ملاحظاتنا، لأصبح دليلًا قويًا يدحض إنتاجهم في الانفجار الكبير الساخن. لاحظ أن الزخم المتوقع لتلك العناصر، يتنوع بمقدار قيمة أسية تساوي 10.

تمثل الصناديق غير المظللة، التي تصاحب كل منحنى، المدى المسموح للزخم الأوليّ لتلك العناصر، بناء على الملاحظات العلمية من رصد النجوم القديمة، والغاز الساخن في مجرتنا وخارجها.

يمثل الشريط المظلَّل الرأسي إذن تلك المنطقة، التي تتفق فيها كل التوقعات والملاحظات العلمية. ولا أتصور أن هناك سندًا أكثر دقة من هذا الاتفاق بين التوقعات والملاحظات العلمية، يدعم -أكرر مرة ثانية- العناصر التي يتنوع زخمها بمقدار قيمة أسية 10، والانفجار الكبير المبكر الساخن، حيث نتجت كل عناصر الضوء.

إن تضمينات هذا الاتفاق الرائع تستحق أن أعيد ذكرها مرة أخرى بقوة

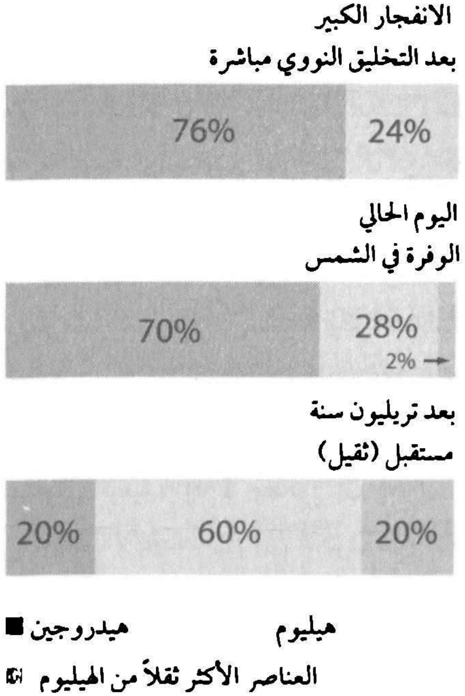
أكبر: في الثواني الأولى فحسب من الانفجار الكبير، مع زخم أولي من البروتونات والنيوترونات ، هذا هو ما يمكن أن ينتج عنه شيء ما قريب جدًا من الكثافة المرئية للمادة في المجرات المرئية اليوم، وكثافة إشعاع سوف تترك وراءها بقايا تتطابق تطابقًا دقيقًا مع الكثافة المرئية للإشعاع الخلفي المايكروني الكوني اليوم؛ وأن تحدث تفاعلات نووية يمكن أن تُنتج -تحديدًا- زخم عناصر الضوء- الهيدروجين والديوتيريوم والهيليوم والليثيوم- الذي نستنتج أنه شكّل قطع البناء الأساسية للنجوم التي تملأ سماء الليل.

ووفقًا للصيغة التي قالها آينشتاين، فإن خالقًا ماكرًا فقط (يستحيل بالتالي وجوده في عقله) هو من يتآمر ليخلق كونًا، يشير بغموض جَمّ إلى أصله: الانفجار الكبير، دون أن يكون قد حدث بالفعل.

حين تم أول مرة في ستينات القرن الماضي شرح الاتفاق التقريبي بين زخم الهيليوم المستنبط في الكون مع زخم الهيليوم المتوقع الذي بزغ من الانفجار الكبير، وكانت هذه إحدى القطع الصغيرة الرئيسة من البيانات التي ساعدت على أن تطغى صورة الانفجار الكبير وتنتصر على النموذج الشائع جدًا -حينذاك- الذي يصور حالة ثابتة للكون، تلك التي أيدها فريد هويل Fred Hoyle وزملاؤه.

من ناحية ثانية، سوف تختلف الأشياء تمامًا في المستقبل البعيد، إذ تحرق النجوم الهيدروجين، مثلًا، فينتج الهيليوم. وفي الوقت الحالي يقدر أن نحو 15 بالمائة فقط من كل الهيليوم المرئي في الكون هو ما يمكن أن يكون قد أنتجته النجوم منذ الانفجار الكبير؛ وها هنا مرة ثانية، أمامنا قطعة صغيرة ساحرة من الدليل على أن الانفجار الكبير كان ضروريًا لإنتاج ما نرى. ولكن لن يكون هذا هو الحال في المستقبل البعيد، لأن أجيالًا كثيرة من النجوم ستكون قد عاشت وماتت. حين

يكون عمر الكون تريليون عام -على سبيل المثال- سوف يكون قد نتج مزيد من الهليوم في نجوم ناجمة عن الانفجار الكبير ذاته. يبين هذا الموقف الجدول التالي:



حين يتكون 60 بالمائة من المادة المرئية في الكون من الهيليوم، فلن تكون هناك ضرورة لإنتاج الهيليوم الأساسي في الانفجار الكبير؛ من أجل أن ينسجم مع الملاحظات العلمية.

من ناحية أخرى، فسوف يستطيع الراصدون والنظريون -في بعض الحضارات- في المستقبل البعيد استخدام هذه البيانات؛ لاستنباط أن للكون عمرًا نهائيًا. ونظرًا لأن النجوم تحرق الهيدروجين وتحوّله إلى هيليوم، فسوف يكون هناك حد أعلى للفترة، التي يمكن أن تعيشها

النجوم؛ حتى لا تتآكل النسبة بين الهيدروجين والهيليوم. لذلك، سوف يقدِّر العلماء المستقبليون عمر الكون، الذي يعيشون فيه بأقل من تريليون عام، على الرغم من أنه لن تكون لديهم أي بصمة مستقبلية تدلهم على أن بدايته تضمَّنت الانفجار الكبير، بديلًا عن أي نوع آخر من الخلق العفوي لأي مجرة (خارجية) وحيدة مستقبلية.

تذكر أن لوميتر استنبط فكرته عن الانفجار الكبير، على أساس التفكير في النظرية العامة للنسبية. ونستطيع افتراض أن أي حضارة متقدمة في المستقبل البعيد، ستكتشف قوانين الفيزياء، والإلكترومغناطيسية وميكانيكا الكم، والنسبية العامة. فهل هناك لوميتر ما من المستقبل يستطيع، بناءً على لومتير السابق، أن يستنبط فكرة مماثلة أو زعمًا مماثلًا؟

إن استنتاج لوميتر بحتمية بدء كوننا بالانفجار الكبير كان استنتاجًا حتميًا، لكن هذا الاستنتاج استند إلى فرضية غير حقيقية بالنسبة للكون المرئي في المستقبل البعيد؛ إذ لا يمكن أن يكون الكون -ذو مادة تتمدَّد باطراد في جميع الاتجاهات؛ أي الكون ذي الخواص المتشابهة والمتجانس- استاتيكيًا، للأسباب التي أدركها لوميتر وآينشتاين. من ناحية ثانية، هناك حل جيد لمعادلات آينشتاين عن النظام الشامل الوحيد الذي يحيطه فضاء فارغ استاتيكي. في النهاية، إذا كان هذا الحل غير موجود، فلن تستطيع النسبية العامة وصف الأجسام المعزولة مثل النجوم النيوترونية[1] أو الثقوب السوداء في نهاية المطاف.

إن التوزيع الهائل الشبيه بمجرتنا غير مستقر، ولهذا سوف تنهار في

---

(1) نجمٌ حدث انهيار في مادته، بحيث اندمجت الإلكترونات سالبة الشحنة مع البروتونات موجبة الشحنة، فتحولت مادة النجم إلى نيوترونات، وتتميز هذه النجوم بكثافة مادتها الهائلة، بحيث إن ملعقة صغيرة من مادة النجم النيوتروني لا تستطيع أكبر السفن على الأرض حملها.

النهاية مجرتنا (الخارجية) ذاتها إلى ثقب أسود هائلًا. ووصف هذا بحل استاتيكي لمعادلة آينشتاين ويسمَّى حل شوارزتشايلد Schwarzschild. غير أن الإطار الزمني اللازم لكي ينهار كوكبنا ليشكل ثقبًا أسود هائل، أطول كثيرًا من الإطار الزمني الذي يستغرقه الكون في اختفائه. لذلك، سوف يبدو طبيعيًا بالنسبة لعلماء المستقبل تصور أن مجرتنا قد وُجدت لتريليون عام في الفضاء الفارغ من دون انهيار هائل ومن دون أن تحتاج بالضرورة إلى كون يتمدَّد حولها.

بالطبع، فإن التخمينات عن المستقبل تتمتع بصعوبة سيئة السمعة. وفي الحقيقة إنني أكتب هذا أثناء انعقاد المنتدى الاقتصادي العالمي في دافوس في سويسرا، الذي يمتلئ بالاقتصاديين، الذين يضعون توقعاتٍ لسلوك الأسواق المستقبلية ويراجعونها، حين تتضح أنها خاطئة خطأً شنيعًا. عمومًا، أجد أن التوقعات التي يطرحها العلم والتكنولوجيا عن المستقبل البعيد -بل و المستقبل القريب- تتصف بالسطحية أكثر من «العلم الكئيب the dismal science». وبالفعل، فإنه حينما يسألني شخص ما عن المستقبل الوشيك للعلم أو ما الإنجاز العلمي الضخم التالي، أجيب دومًا: «لو أني أعرف، لكنت أشتغل عليه الآن».

لذلك، فإنني أميل إلى أن أرى الصورة التي قدمتها -في هذا الفصل- على أنها تشبه صورة المستقبل، التي قدمها الشبح الثالث في رواية ديكنز Dickens ترانيم الميلاد Christmas Carol. هذا المستقبل كما يمكن أن يكون. في النهاية، ونظرًا لأنه ليست لدينا فكرة ما الطاقة المعتمة التي تتخلل الفضاء، فإننا لا نستطيع أن نتيقن من أنها سوف تسلك سلوكًا مشابهًا للثابت الكوني لدى آينشتاين وأنها تظل ثابتة. فإذا حدث هذا، سوف يكون مستقبل الكون مختلفا تماما. وربما لن يستمر التمدد في التسارع، بل قد يتباطأ عبر الزمن عوضًا عن ذلك، فلا تختفي المجرات

البعيدة. في المقابل، ربما تتوافر كميات مرئية observable quantities جديدة لم يتم اكتشافها بعد، يمكن أن تزوِّد الفلكيين، في المستقبل، بدليل على أنه حدث انفجار كبير ذات مرة.

ومع ذلك، وبناء على ما نعرفه عن الكون اليوم، فإن المستقبل الذي وضعت ملامحه التخطيطية هو المرجّح، وأجده أمرًا رائعًا أن نفكر فيما إذا استمر المنطق والعقل والبيانات الإمبريقية في حث العلماء المستقبليين، على نحو ما، على أن يستنبطوا الطبيعة الخفية الصحيحة لكوننا أم لا، أو ما إذا ستظل مبهمة للأبد، خلف الأفق أم لا. قد يستنبط عالم مستقبلي ما عبقري، يفحص الطبيعة الأساسية للقوة والجزيئات، صورة نظرية تطرح أن ذاك التضخم حدث بالضرورة، وأن الفضاء الفارغ احتوى طاقة ما، يمكن أن تفسر سبب عدم احتواء الأفق المرئي مجرات. ولكني لست واثقًا من هذا.

إن الفيزياء، في النهاية، علم إمبريقي، يُستنبط من التجربة والملاحظة. فإذا لم نكن قد استنبطنا عن طريق الملاحظة والرصد وجود المادة المعتمة، فإنني أشك في إمكان أن يتمتع أي عالم نظري، بما يكفي من الجرأة ليقترح وجودها اليوم. ومع إمكان أن نتخيل البصمات المؤقتة، التي قد توحي بأن صورة المجرة الوحيدة -في كون استاتيكي من دون الانفجار الكبير يشوبها خطأ ما- ربما بسبب رصد ما عن الزخم العنصري الذي يظهر شاذًا- فإنني أشك في أن تطرح موسى أوكام[1] Occam's razor -حينئذ- أن الصورة الأبسط هي الصحيحة، وأنه يمكن تفسير الملاحظات الشاذة بأنها تعود إلى آثار موضعية.

منذ أن طرحت أنا وبوب شيرر Bob Scherre التحدي بأن العلماء المستقبليين سوف يستخدمون بيانات ونماذج مزيفة -النموذج نفسه

(1) مبدأ في علم المنطق تيمنًا باسم عالم المنطق الإنجليزي وليام أوكام (1288-1347). ينص المبدأ على أن أبسط التحليلات المتوفرة لمشكلة ما معقدة هي الصحيحة.

للعلم الجيد- ولكن في سياق، سيتوصلون فيه إلى صورة مزيفة عن الكون، حاول العديد من زملائنا اقتراح سبل لفحص فرضية أن الكون يتمدَّد فعليًّا في المستقبل البعيد. ويمكنني أيضًا أن أتصوَّر تجارب محتملة. ولكنني لا أرى وراءها دافعًا جيدًا.

فمثلًا، ستحتاج إلى طرد النجوم اللامعة من مجرتنا وإطلاقها إلى الفضاء، وتنتظر مليون عام تقريبًا لكي تنفجر، وتحاول أن تلاحظ سرعاتها الارتدادية، على أنها عامل المسافة التي تصل إليها قبل أن تنفجر لكي تفحصها، فترى ما إذا كانت ستكتسب أي قفزة إضافية من التمدد المحتمل للفضاء. إنها مهمة شاقة، لكن حتى لو أنك استطعت تصور طريقة ما لإنجاحها، فإنني لا أستطيع تخيل أن تموِّل مؤسسة العلوم الوطنية National Science Foundation في المستقبل التجربة من دون دافع ما آخر يمثل، على الأقل، غير فكرة الكون المتمدِّد. وإذا خرجت نجوم من مجرتنا طبيعيًا على نحو ما وتم استطلاعها أثناء تحركها تجاه الأفق، فإنني لا أرى كيف يمكن تفسير الملاحظة التي رصدت تسارعًا شاذًا لبعض تلك الأجسام في إطار اقتراح جريء وغريب، مثل كون متمدِّد تهيمن عليه الطاقة المعتمة.

يمكن أن نعتبر أنفسنا محظوظين لأننا نعيش في الوقت الحاضر. وكما قمت بصياغتها مع بوب في واحدة من المقالات التي كتبناها: «نحن نعيش في زمن خاص جدًا... الزمن الوحيد الذي يمكن أن نتيقن -فيه- عن طريق الرصد من أننا نعيش في زمن خاص جدًا!».

كنا نمزح إلى حد ما، لكن الجاد في الأمر هو أن يستخدم الشخص أفضل أدوات الملاحظة العلمية وأفضل الأدوات النظرية المتاحة له، ومع ذلك ينتهي إلى صورة مزيفة تمامًا عن الكون إجمالًا.

ومع ذلك، فإنه لا بد أن أشير إلى أنه على الرغم من أن البيانات الناقصة

يمكن أن تؤدي إلى صورة مزيفة، فإن هذا يختلف اختلافًا شاسعًا عن الصورة (المزيفة) التي حصل عليها الذين اختاروا أن يتجاهلوا البيانات الإمبريقية لكي يبتكروا صورة عن الخلق تتناقض مع دليل الواقع (مثل المؤمنين بنظرية خلق الأرض الفتيّة على سبيل المثال)، أو الذين بدلًا عن هذا يستوجبون وجود شيء ما، لا دليل مرئي عليه بالمرة (مثل الذكاء الإلهي) للتوفيق بين وجهة نظرهم عن الخلق وتحيّزهم المسبق؛ أو الأسوأ، الذين يتعلّقون بحكايات خرافية عن الطبيعة التي تفترض الإجابات قبل أن يتم طرح السؤال. وعلى الأقل، سيبني علماء المستقبل تقديراتهم على أساس أفضل الأدلة المتاحة لهم؛ إذ يدركون كما ندرك جميعنا، أو على الأقل كما يدرك العلماء، أن الدليل الجديد يمكن أن يجعلنا نغيّر صورتنا الضمنية عن الواقع.

في هذا السياق، من الجدير بالذكر أن أضيف أننا نفتقد على الأرجح إلى شيء ما كان لنا أن نرصده لو أننا كنا نعيش منذ 10 مليارات عام، أو ربما كان يمكن أن نراه لو أننا عشنا بعد 100 مليار عام في المستقبل. وعلى الرغم من ذلك، لا بد أن أركّز على أن صورة الانفجار الكبير اليوم تسوّغها بقوة بيانات عن ومن كل المناطق التي ثبت أنها غير صالحة في ملامحها العامة. ولكن ربما يظهر بسهولة مع بيانات جديدة فهم وليد للتفاصيل الدقيقة للماضي البعيد أو المستقبل البعيد، أو عن أصل الانفجار الكبير وتفرّده المحتمل في الفضاء. وفي الحقيقة، أتمنى أن يحدث هذا. إن الدرس الذي نستخلصه من النهاية المقبلة المحتملة للحياة والذكاء في الكون، هو أننا نحتاج إلى التمتع ببعض التواضع الكوني في مزاعمنا، حتى لو أن هذا يصعب على علماء الفلك التمتع به.

ومع أي من الاحتمالين، فإن السيناريو الذي وصفتُه للتوّ يتمتع بتناظر شعري ما، على الرغم من أنه مأساوي بالقدر ذاته. سوف يستخلص العلماء،

في المستقبل البعيد، صورة عن الكون تلقى صداها في الصورة ذاتها التي استخلصناها في بداية القرن الماضي، والتي قامت -في النهاية- بدور محفز للأبحاث التي أدت إلى ثورات معاصرة في علم الفلك. ولسوف تكتمل دائرة علم الفلك. أنا من بين من يجدون هذا رائعًا، حتى لو أنه يؤكد على ما قد يراه البعض العبث الكامل للحظتنا القصيرة تحت الشمس.

وبغضّ النظر، فإن المشكلة الأساسية، التي توضحها النهاية الوشيكة المحتملة لعلم الفلك، هي أن لدينا كونًا واحدًا فقط للاختبار؛ الكون الذي نعيش فيه. ومع أننا يجب أن نختبره، إذا أردنا أي أمل في فهم كيف بزغ ما نرصده الآن، فنحن -مع ذلك- محدَّدون بما نستطيع أن نقيسه وفي تفسيراتنا للبيانات على السواء.

إذا كان هناك عديد من الأكوان، وإذا استطعنا، على نحو ما، فحص أكثر من واحد، فربما تتوفر لدينا فرصة أفضل تتيح لنا أن نعرف أي الملاحظات العلمية دالّة وجوهرية حقا، وأيها تبزغ مصادفة لظروفنا فحسب.

كما سنرى في ما يلي من الكتاب، أنه بينما يكون الأخير بعيدًا عن الاحتمال، فالأول ممكنًا، حيث يتحرَّك العلماء قدمًا باختبارات جديدة ومشروعات علمية، من أجل تعميق فهمنا وتوسيعه عن الملامح غير المتوقعة والغريبة التي يتمتع بها كوننا.

على أي حال، فلعله يجدر بي -قبل أن نمضي قدمًا- أن أنهي هذا الفصل بوصف أدبي عن المستقبل المرجّح الذي طرحته هنا؛ ذاك الوصف الذي يرتبط بموضوع هذا الكتاب. هذا الوصف ينبع من إجابة كريستوفر هيتشنز Christopher Hitchens عن السيناريو الذي طرحته هنا. وكما صاغها: «إلى هؤلاء الذين يجدون أن من الرائع أن نعيش في كون من شيء ما، فلتنتظروا فقط. إن اللاشيء يتقدم على مضمار الاصطدام بنا مباشرة».

الفصل الثامن

مصادفة عظيمة؟

«حين تفترض وجود خالق مع خطة، تجعل الإنسان في تجربة قاسية؛ وهي أننا خُلقنا مرضى وأُمرنا أن نكون أصحاء».

كريستوفر هيتشنز[1]

نحن مجبولون جينيًا على التفكير بأن كل حادث يقع لنا مهم ودالّ. إذا حلمنا أن صديقًا ما سوف يكسر ذراعه، ثم علمنا في الغد أن كاحله قد التوى. فإننا حتمًا سنفكر: واو! هذا شيء كوني! هل لديَّ القدرة على التنبؤ بالغيب؟

كان الفيزيائي ريتشارد فاينمان قد اعتاد أن يبادر الآخرين قائلًا: «لن

(1) Christopher Hitchens (1949 - 2011) كاتب وصحفي إنجليزي- امريكي اشتراكي. تركت أعماله وكتبه في النقد الأدبي والنقد الديني والمجال السياسي تأثيرا واسعا.

تصدقوا ما حدث لي اليوم! لن تصدقوه فعلا!». فإذا سألوه عمَّا حدث له، فإنه قد يقول: «لا شيء على الإطلاق!». وبهذه الإجابة كان فاينمان يوحي بأنه عندما يقع حدث ما مثل الحلم الذي وصفته في الأعلى، يعزو الناس إليه أهمية كبيرة. لكنهم ينسون الأحلام التافهة العديدة التي حلموا بها ولا تتنبأ بأي شيء على الإطلاق. وإذ ننسى معظم الوقت أي شيء غير مهم يحدث خلال اليوم، فإننا نسيء قراءة طبيعة مبدأ الاحتمالية حين يقع حدث ما غير اعتيادي؛ من بين عدد ضخم وفير من الأحداث، حدث ما سوف يقع لمجرد المصادفة.

كيف ينطبق هذا على كوننا؟

كان الاعتقاد السائد بين الفيزيائيين، حتى تم اكتشاف -دون أي تفسير لهذا- أن طاقة الفضاء الفارغ ليست لا صفرية فحسب، بل تتمتع بقيمة أسية قدرها 120، أصغر من التقدير الذي وصفته بناء على أفكار تطرحها فيزياء الجزيء- ساد الاعتقاد -بين الفيزيائيين- بأن كل بارامتر جوهري نقيسه في الطبيعة مهم. أعني بهذا، أنه بناء على قاعدة المبادئ الأساسية، سوف نستطيع في نهاية المطاف فهم أشياء من قبيل: لماذا تكون قوة الجاذبية أضعف من القوى الأخرى في الطبيعة؛ ولماذا البروتون أثقل 2000 مرة من الإلكترون؛ ولماذا هناك ثلاث عائلات من الجزيئات الأوليّة. بكلمات أخرى، فإنه بمجرد أن نفهم القوانين الجوهرية التي تحكم قوى الطبيعة على نطاق المقاييس الأصغر، فسوف تتكشف لنا كل تلك الألغاز الحالية نظرًا لأنها نتائج طبيعية لتلك القوانين.

(قد تأخذ الحجة الدينية الصرفة من جهة أخرى الأهمية إلى أقصى مدى، باقتراح أن كل ثابت جوهري مهم لأن الله اختار أن يتمتع كل منها بقيمته في سياق خطة إلهية لكوننا. في هذه الحالة، فإن لا شيء يخضع

للمصادفة، لكن على المنوال نفسه، لا شيء أيضًا قابل للتنبؤ به أو قابل للتفسير بالفعل. إنها حجة فوقية لاتؤدي إلى أي شيء، ولا تجني أي شيء مفيد من القوانين الفيزيائية التي تحكم الكون، أكثر من أنها قد تقدم تعزية للمؤمنين).

غير أن اكتشاف تمتع الفضاء الفارغ بالطاقة، دشّن عملية مراجعة في التفكير بين صفوف الفيزيائيين، لما هو ضروري في الطبيعة ولما هو محض مصادفة على الأرجح.

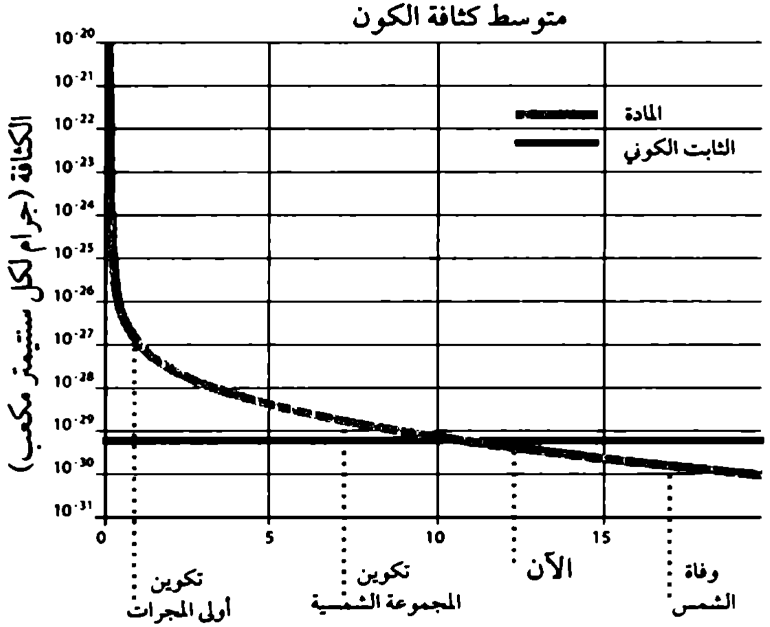
انبثق عنصر التحفيز لهذه الجشتالية[1] الجديدة من الحجة التي طرحتُها في الفصل السابق: يمكن قياس الطاقة المعتمة اليوم لأن «الآن» هو الوقت الوحيد في تاريخ الكون الذي يمكن أثناؤه مقارنة الطاقة في الفضاء الفارغ مع كثافة الطاقة في المادة.

لماذا إذن نعيش في فترة «خاصة» جدًا من تاريخ الكون؟ إن هذا فعلًا يناقض تمامًا كل خواص العلم منذ كوپرنيكوس Copernicus. لقد تعلّمنا أن كوكب الأرض ليس مركز النظام الشمسي، وأن الشمس نجم يقع على الحواف الخارجية المنعزلة لمجرة هي مجرد واحدة من بين 400 مليار مجرة في الكون المرئي. وتعوّدنا كذلك أن نقبل «مبدأ كوپرنكيوس» بأن لا زماننا ولا مكاننا في الكون يتمتعان بأي خصوصية ما.

لكن مع ما تتصف به طاقة الفضاء الفارغ، يبدو فعليًا أننا نعيش في زمن خاص. ويوضح الرسم التخطيطي التالي «تاريخ مختصر للزمن» هذا على نحو أفضل.

---

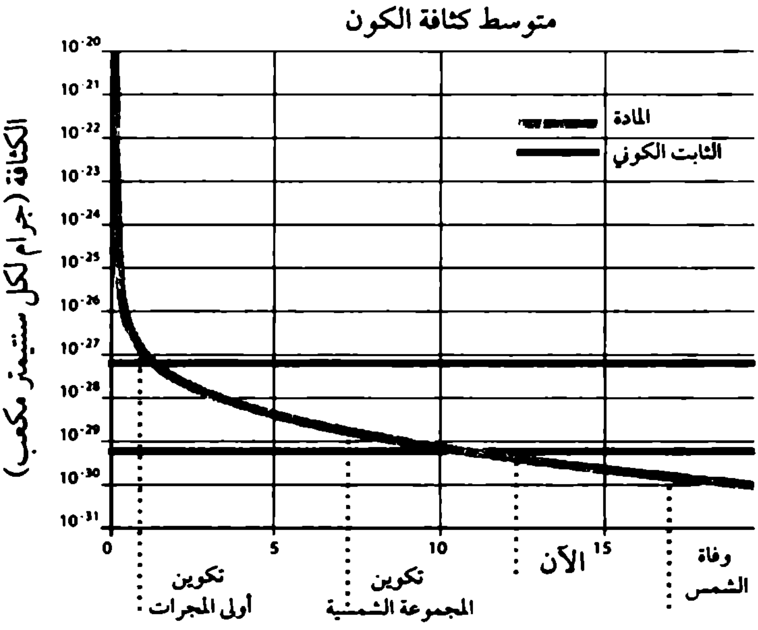
(1) من الكلمة الألمانية Gestalt وهو مبدأ في علم النفس يعتمد على دراسة الإدراك والسلوك. وببساطة تعني الكلمة هنا أن الأشياء تُدرك بشكل كلي وأكثر تعقيدا من مجموع الأجزاء التي تشكلها.



يمثّل المنحنيان كثافة الطاقة لكل المادة في الكون، وكذلك كثافة الطاقة التي يتمتع بها الفضاء الفارغ (بافتراض أنها ثابت كوني) كعامل زمني. وكما ترى، تنخفض كثافة المادة، كلما تمدد الكون (حيث تصبح المسافة بين المجرات أكبر دومًا و «تخف» المادة بناء على هذا)، تمامًا كما يمكن أن تتوقع. وعلى أي حال، تظل كثافة الطاقة في الفضاء الفارغ ثابتة، لأنه، كما يمكن أن يطرح الشخص، لا شيء هناك في الفضاء الفارغ يمكن أن يخف (أو كما وصفت بصيغة أقل فكاهة، يعمل الكون على الفضاء الفارغ أثناء تمدده). ويتقاطع المنحنيان نسبيًا بالقرب من الوقت الحاضر، وهو مصدر المصادفة الغريبة التي وصفتها.

فكر الآن في ما يمكن أن يحدث لو أن الطاقة، في الفضاء الفارغ،

كانت مثلًا أكبر 50 مرة من القيمة التي حسبناها اليوم. كان من الممكن أنْ يتقاطع المنحنيان إذن في وقت مختلف مبكر، كما يوضِّح الرسم التالي:



إن الوقت الذي يتقاطع فيه المنحنيان بسبب القيمة العليا والمتضخمة لطاقة الفضاء الفارغ هو الوقت الذي تكونت فيه المجرات، من نحو مليار عام بعد حدوث الانفجار الكبير. لكن تذكَّر أن طاقة الفضاء الفارغ هي طاقة نافرة. فلو حدث أن هيمنت هذه الطاقة على طاقة الكون قبل تكوّن المجرة، كان يمكن أن تثقل (حرفيًا) القوة النافرة بسبب هذه الطاقة (الفضاء الفارغ) قوى الجاذبية العادية التي تجعل المادة تتكتل معًا. ولم تكن لتتشكل المجرات أبدًا!

لكن لو لم تتشكَّل المجرات، لما تشكلت النجوم إذن. ولو لم تتشكل النجوم، لما تشكلت الكواكب... ولو لم تتشكل الكواكب، لما تشكل علماء الفلك!

إذن في كون يتمتع بطاقة قيمتها 50 مرة أكبر مما نرصد، لن يوجد -بشكل واضح- شخص ما ليقيس الطاقة.

هل يعلمنا هذا شيئًا ما؟ بعد فترة قصيرة من اكتشاف كوننا المتسارع، الفيزيائي ستيفن وينبرج Steven Weinberg ، بناء على حجة طوَّرها منذ أكثر من عقد قبل هذا الاكتشاف -اكتشاف الطاقة المعتمة- اقترح أن من الممكن حل «مشكلة المصادفة Coincidence Problem» لو تم اختيار قيمة الثابت الكوني الذي نقيسه اليوم «إنسانيًا[1] anthropically» على نحو ما. بمعنى، لو هناك على نحو ما عدة أكوان، وتتمتع قيمة طاقة الفضاء الفارغ في كل كون منها بقيمة مختارة عشوائيًا بناء على توزيع احتمالي ما بين كل الطاقات المحتملة، ومن ثم يمكن أن نجد حياة كما نعرفها في تلك الأكوان التي لا تختلف فيها القيمة عمَّا نقيسها. ربما إذن نجد أنفسنا في كون يتمتع بطاقة ضئيلة في الفضاء الفارغ لأننا لا نستطيع أن نجد أنفسنا في كون يتمتع بقيمة أكبر بكثير. وبصيغة أخرى، لن يكون مدهشًا أن نجد أننا نعيش في الكون، الذي نستطيع أن نعيش فيه!

وعلى أي حال، هذا الطرح يتمتع بصحة رياضية إذا تحقَّقت احتمالية ظهور عدة أكوان مختلفة. وقد يبدو الحديث عن أكوان مختلفة متعددة، من باب التناقض اللفظي. في النهاية، أصبح مفهوم الكون تقليديًّا مترادفًا لـ «كل ما هو موجود».

---

(1) Anthropic Principle:
سوف يشرحه المؤلف فيما يلي، وهو: الاعتبارات الفلسفية في علم الفيزياء الفلكية وعلم الكون، إذ إن الملاحظات العلمية عن الكون الفيزيائي تتضاهى مع وعي راصديها وحكمتهم التي اكتسبوها من العلم والتجارب.

من ناحية ثانية، اكتسب الكون مؤخرًا معنى ملموسًا أكثر وأبسط، فمن العرف الآن التفكير في كون(نا) على أنه يشمل ببساطة إجمالي كل ما نستطيع أن نراه الآن وكل ما يمكن أن نراه فيما بعد. لذلك، يحتوي كوننا، فيزيقيًا، كل شيء سواء كان له تأثير علينا ذات مرة، أم سوف يكون في أي وقت.

في اللحظة التي يختار فيها الشخص هذا التعريف للكون، تصبح احتمالية «أكوان» أخرى- المناطق التي كانت دومًا منفصلة عنًا وسوف تستمر هكذا، مثل الجزر التي تنعزل عن أي تواصل مع غيرها بمحيط من الفضاء- ممكنة، على الأقل نظريًا.

إن كوننا شديد الاتساع كما أكدتُ، حتى إنه ليس من المستحيل التأكيد افتراضيًا أن شيئا ما يحدث في مكان ما داخله. إذ تقع الأحداث النادرة دومًا. ولعلك تتساءل ما إذا كان المبدأ نفسه ينطبق على احتمالية الأكوان المتعددة، كما تسمى الفكرة الآن. يتضح أن وضعها النظري أقوى فعليًا من أن يكون إمكانية ببساطة. يبدو أن عددًا من الأفكار الرئيسة التي تقود النشاط الحالي في نظرية الجزيء تستلزم أكوانًا متعدِّدة.

أريد أن أؤكد هذا، لأنه في سياق النقاش مع هؤلاء الذين يشعرون بالحاجة إلى وجود خالق، يعتبرون الأكوان المتعددة بدعة، ابتكرها الفيزيائيون الذين فرغت جعبتهم من الإجابات، أو ربما من الأسئلة، تهربًا من المسؤولية. لعل المسألة تبدو على هذا النحو في النهاية، لكنها ليست كذلك الآن. وفي الغالب فإن كل احتمال منطقي يمكن أن نتصوره في ما يتعلق بمد نطاق القوانين الفيزيائية كما نعرفها -على سلم المقاييس الصغرى، إلى نظرية كاملة- يطرح أن الكون ليس فريدًا على سلم المقاييس الضخمة.

إن ظاهرة التضخم ربما تمدنا بأول -ولعله أفضل- برهان علمي. في

صورة التضخم خلال المرحلة التي تهيمن فيها طاقة ضخمة مؤقتًا على منطقة ما من الكون، تبدأ هذه المنطقة في التمدد تصاعديًا. وعند لحظة ما، قد تخرج منطقة ما صغيرة داخل هذا «الخواء المزيف» من التضخم باعتبارها مرحلة انتقالية تحدث داخل المنطقة ويسترخي مجال الطاقة داخلها إلى قيمته الحقيقية والأدنى؛ وحينئذ يتوقف التمدد داخل هذه المنطقة عن الاستمرار في أن يكون تصاعديًا. إلا أن الفضاء بين هذه المناطق يستمر في التمدد تصاعديًا. وعند أي وقت ما، فإنه ما لم تكتمل المرحلة الانتقالية خلال كل الفضاء، فإن معظم الفضاء يقع داخل منطقة التضخم. وسوف تفصل المنطقة المتضخمة تلك المناطق التي خرجت من التضخم أولًا بمسافات مبهمة. وهذا يشبه الحمم التي تسيل من البركان. إذ ستبرد بعض الأحجار وتكتسب صلابة، لكنها سوف تحمل بعيدًا عن بعضها أثناء طوفانها فوق بحر الحمم السائل.

يمكن أن يصبح الموقف أكثر دارمية. ففي عام 1986 قام أندري ليندي Andrei Linde -الذي كان أحد المهندسين الأساسيين لنظرية التضخم المعاصرة مع آلان جوث- بتطوير واستكشاف سيناريو محتمل، بل أكثر عمومية. توقع هذا السيناريو أيضًا -بمعنى ما- عالم الكون الروسي المبدع الذي يعيش في الولايات المتحدة ألكس ڤلنكن Alex Vilenkin. وقد تمتع كل من ليندي وڤلنكن بثقة ذاتية داخلية، تلك التي يتسم بها الفيزيائيون الروس العظماء، لكن تاريخهما مختلف تمامًا. ترعرع ليندي في مؤسسة الفيزياء السوفيتية القديمة، قبل أن يهاجر إلى الولايات المتحدة بعد انهيار الاتحاد السوفيتي. كان جريئًا وعبقريًا وخفيف الظل، استمر مهيمنًا على كثير من علم فلك الجزيء النظري في المرحلة الانتقالية التي شهدها. هاجر ڤلنكن في وقت مبكر جدًا قبل أن يصبح فيزيائيًا، وعمل في الاتحاد السوفيتي أعمالًا مختلفة، منها حارس

ليلي قبل أن يهاجر، حين وضعته المخابرات السوفيتية على قائمتها السوداء ولم يستطِع الالتحاق بالمدرسة الثانوية هناك. ومع أنه كان مهتمًا دائمًا بعلم الكون، فقد التحق مصادفة بالمدرسة الخطأ وانتهى إلى كتابة بحث في فيزياء المواد المكثفة. حينئذ حصل على وظيفة باحث ما بعد الدكتوراه في جامعة كيس ويسترن ريزيرف، حيث أصبحتُ أستاذًا فيها فيما بعد. سأل مشرفه فيليب تايلورPhilip Taylor خلال تلك الفترة إن كان يستطيع أن يقضي بضعة أيام أسبوعيًا في العمل على علم الكون بالإضافة إلى مشاريعه. أخبرني فيليب، فيما بعد، أن أليكس كان أكثر باحث ما بعد الدكتوراه إنتاجًا رآه في حياته، حتى مع هذا العمل الجزئي على علم الكون.

على أي حال، كان ما أدركه ليندي هو أنه بينما قد تدفع التموّجات الكمية خلال التضخم المجال الذي يقود التضخم تجاه حالته الأدنى من الطاقة وبالتالي تمده بخروج محمود، فإن هناك دائمًا احتمالية أن تقود التموجات الكمية -في بعض المناطق- المجال إلى طاقات أعلى من ذلك، وبالتالي فإن التضخم -عن القيم التي ينتهي عندها- يظل في كامل قوته. ولأن هذه المناطق ستمدد لفترات أطول من الزمن، فسوف يكون هناك فضاء أكبر في حالة تضخم ذلك الذي لا يتضخم. ومرة ثانية سوف تقود التموجات الكمية داخل هذه المناطق بعض المناطق الفرعية للخروج من التضخم، وبالتالي التوقف عن التمدد تصاعديًا، لكن، سوف تكون هناك مجددًا مناطق تتسبب فيها التموجات الكمية في أن يستمر التضخم مدة أطول... وهلم جرًا.

هذه الصورة التي سمَّاها ليندي «التضخم الفوضوي chaotic inflation» تمثّل المنظومات الفوضوية المألوفة على كوكب الأرض. فلنأخذ مثلًا شعيرًا مغليًا. قد تنفجر عند أي نقطة من الغليان فقاعة من

الغاز على السطح، إذ تعكس مناطق أنجز السائل خلالها، عند حرارة عالية، مرحلة انتقالية إلى حالة بخارية. لكن الشعير يتقلب بين الفقاعات ويطفو. وبالنسبة للمقاييس الضخمة فإن هناك تناسقًا وانتظامًا؛ هناك فقاعات تفرقع في مكان ما. لكن على المستوى المحلي يختلف الأمر تمامًا، اعتمادًا على اتجاه نظر الشخص. إذن سوف يكون الشخص في كون متضخِّم تضخمًا فوضويًا. لو حدث أن الشخص يسكن «فقاعة» من حالة ثابتة حقيقية توقفت عن التضخم، فسوف يبدو كون الشخص مختلفًا تمامًا عن الجسم الواسع من الفضاء المحيط به، الذي لا يزال يتضخم.

في هذه الصورة، التضخم سرمدي. إذ سوف تستمر بعض المناطق، فعليًا معظم الفضاء، في التضخم إلى الأبد. سوف تصبح تلك المناطق التي خرجت من التضخم، أكوانًا متفرقة ومنفصلة عَرَضًا. وأود أن أؤكد أن الأكوان المتعددة حتمية لو أن التضخم أبدي، وتلك حتى الآن هي الاحتمالية الأرجح في معظم -إن لم يكن كل- سيناريوهات التضخم. وكما صاغها ليندي في بحثه عام 1986 في ما يلي:

«ثمّة سؤال حل محل السؤال القديم عن سبب اعتبار كوننا هو الوحيد المحتمل فقط، وهو: أي من نظريات وجود الأكوان الصغيرة mini-universes من نوعنا محتملة الوجود؟ لا يزال هذا السؤال صعبًا للغاية، لكنه أسهل كثيرًا من السؤال السابق. في رأينا، إن تعديل وجهة نظرنا عن البنية الكلية للكون وعن مكاننا في العالم، هو أكثر النتائج المترتبة أهمية على تطوير سيناريو الكون المتضخم».

وكما شدَّد ليندي، وأصبح منذ ذلك الوقت واضحًا، فإن هذه الصورة تمد الفيزياء باحتمالية أخرى جديدة؛ إذ قد يكون هناك عديد من حالات الكمية منخفضة الطاقة في الكون موجودة في الطبيعة بحيث قد يتناقص إليها الكون المتضخم في النهاية. ولأن تشكل الحالات الكمية لتلك

المجالات سوف تختلف في كل منطقة، فإن خواص القوانين الأساسية للفيزياء في كل منطقة/ كون سوف تختلف.

هنا يبزغ «المشهد الطبيعي» الأول، الذي يمكن أن يلعب فيه الطرح الإنساني، الذي طرحته سابقًا دورًا. إذا كان هناك عديد من الحالات المختلفة التي يمكن أن ينتهي إليها كوننا بعد التضخم، فمن المحتمل أن يكون الكون ذاته الذي نعيش فيه؛ الكون الذي يتمتع بطاقة خواء لا صفرية الصغيرة بما يكفي لأن تتشكل المجرات، ويكون واحدًا من عائلة لا نهائية ، وهو الكون الذي تم اختياره للعلماء الفضوليين؛ لأنه يعضد وجود مجرات ونجوم وكواكب وحياة.

وعلى أي حال، لم يكن هذا أول ظهور لمصطلح «المشهد الطبيعي». إذ تطوَّر على يد آلة تسويقية فعالة، أكبر بكثير، ارتبطت بالقوة الماحقة، التي كانت ولاتزال تقود نظرية الجزيء خلال الربع الأخير من القرن الماضي وهي: نظرية الأوتار String Theory. والتي تفترض أن الجزيئات الأساسية مصنوعة من مكوّنات أساسية وليست جزيئات، بل أجسام تسلك سلوكًا مماثلًا للأوتار المتذبذبة. وكما يمكن أن تخلق تذبذبات الوتر في الفيولين أنغامًا مختلفة، كذلك تنص هذه النظرية على أن أنواعًا مختلفة من الذبذبات تنتج أجسامًا، يمكن، نظريًا، أن تسلك مثل كل الجزيئات الأولية المختلفة كلها التي نجدها في الطبيعة. على أي حال، إن نقطة الضعف في هذه النظرية هي أنها لا تتسق رياضيًا حين تُحدد في أربعة أبعاد فقط، بل تبدو أنها تستلزم أبعادًا أكثر لكي يكون لها معنى. من غير الواضح ما حدث للأبعاد الأخرى، وكذلك تحديد مدى أهمية الأجسام الأخرى علاوة على الأوتار لتوضيح النظرية؛ وقد شكّل ذلك بعضًا من التحديات العديدة التي لم تجد حلولاً، التي طرحت نفسها ثم خمد بعضًا من الحماسة المبكرة تجاه هذه الفكرة.

لا يصلح هذا المقام لمراجعة كاملة لنظرية الأوتار، وفي الحقيقة فإنه من غير الممكن إجراء مراجعة كاملة، لأنه لو أن هناك شيئًا واحدًا أصبح واضحًا خلال الخمسة والعشرين عامًا السابقة، فهو أن ما كان يسمى في السابق نظرية الأوتار هو شيء ما أكثر تفصيلًا وتعقيدًا، وشيء ما لا زالت طبيعته الأساسية وبنيته لغزًا.

لا زلنا لا نعرف إذا كان هذا الصرح النظري الرائع له علاقة حقًا بالعالم الواقعي. وبغضّ النظر عن ذلك، لم يحدث أن استطاع أي تصور نظري اختراق ضمير المجتمع الفيزيائي ووعيه بهذا النجاح دون أن يظهر قبل ذلك قدرتها على النجاح في حل لغز من ألغاز الطبيعة تجريبيًا.

سوف يعتبر عديد من الناس الجملة الأخيرة نقدًا لنظرية الأوتار، ولكن مع أنني وُصفت في الماضي بأنني من ناقدي النظرية، فهذه ليست نيّتي هنا، ولم تكن كذلك نيّتي في المحاضرات العديدة والنقاشات العامة ذات النيّة الطيبة التي أجريتها مع صديقي بريان جرينBrian Greene، أحد المناصرين الأساسيين لنظرية الأوتار، عن هذا الموضوع. بالأحرى، فإنني أعتقد أن من المهم، ببساطة اختراق الدعاية المفرطة الشعبية، لتقييم ملاءمتها مع الواقع. تضم نظرية الأوتار أفكارًا رائعة ورياضيات قد تلقي الضوء على واحدة من أهم التناقضات الأساسية في الفيزياء النظرية؛ إذ عجزنا عن أن نضع النسبية العامة لآينشتاين في صيغة يمكن ربطها بقوانين ميكانيكا الكم؛ لنستخلص توقعات عقلانية عن كيفية سلوك الكون على سلم المقاييس الأصغر.

لقد ألّفت كتابًا كاملًا عن محاولة نظرية الأوتار تجنب هذه المشكلة، ولكن في سياق أهدافنا هنا، فإنه من الضروري طرح تلخيص موجز لهذه المحاولة. من اليسير قول الفكرة الرئيسة، لكن من الصعب تطبيقها عمليًا. وعلى سلم المقاييس الصغيرة جدًا، تلك التي تلائم المقياس

الذي واجهنا أمامه أول مرة المشكلات بين الجاذبية وميكانيكا الكم، تلتف الأوتار الأولية في حلقات مغلقة. وسط مجموعة الاستثارات[1] التي تخلقها هذه الدورات المغلقة، هناك دائمًا إثارة واحدة تتمتع بصفات الجزيء الذي ينقل، في نظرية الكم، طاقة الجاذبية: الجرافتون. وبناء عليه، تقدم نظرية الكم لهذه الأوتار، نظريًا، المجال الرئيس الذي يمكن بناء نظرية جاذبية كَمّية Quantum Gravity حقيقية استنادًا إليه.

واكتشفنا بالتأكيد، أن هذه النظرية تتفادى التوقعات اللانهائية المحرجة، التي تطرحها مناهج الكَمّ القياسية عن الجاذبية. وعلى أي حال، هناك عقبة واحدة: في أبسط صيغة للنظرية، يمكن تحاشي هذه التوقعات اللانهائية، لو تذبذبت الأوتار التي تصنع الجزيئات الأولية، ليس فقط، في الأبعاد الثلاثة للمكان وبُعد الزمن، التي نألفها جميعًا، بل في الأبعاد الستة والعشرين كذلك!

لعلك تتوقع أن هذه القفزة الهائلة في التعقيد (وربما الإيمان) تكفي لابتعاد معظم الفيزيائيين عن النظرية، غير أن عملًا رياضيًا جميلًا ما في منتصف ثمانينات القرن الماضي، قامت به كوكبة من الأفراد، الأبرز فيها هو إدوارد ويتن Edward Witten في معهد الدراسات المتقدمة Institute for Advanced Study- حيث أوضح هذا العمل الرياضي أن النظرية يمكن -نظريًا- أن تقدم أكثر كثيرًا من نظرية الجاذبية الكمية. وأصبح من الممكن تقديم تناظرات رياضية جديدة، أبرزها إطار رياضي قوي يسمَّى «التناظر الفائق supersymmetry»- من خلال تقليص عدد الأبعاد الضرورية لتناسق النظرية من ستة وعشرين إلى عشرة فقط.

على أي حال، كان الأمر الأهم هو أن من الممكن -عبر سياق نظرية

(1) إمداد الطاقة لنظام من الجسيمات، مثل: الجزيئات، أو الذرات أو النوى، بحيث ينتقل النظام من الحالة الأرضية إلى حالة مثارة.

الأوتار- توحيد قوة الجاذبية مع القوى الأخرى، بل ويمكن -كذلك- تفسير وجود كل جزيء أولي معروف في الطبيعة! وأخيرًا، بدا الأمر كما لو أن هناك نظرية فريدة واحدة من عشرة أبعاد، يمكن أن تعيد إنتاج كل شيء نراه في عالمنا ذي الأبعاد الأربعة.

بدأت تنتشر مزاعم عن «نظرية كل شيء»، ليس فقط في الأدبيات العلمية، بل في الأدبيات الشعبية كذلك. ونتيجة لهذا، ربما يألف عدد أكبر من الناس «الأوتار الفائقة superstrings» أكثر من «الموصلية الفائقة superconductivity»؛ وهي تعبر عن الحقيقة الرائعة بأن بعض المواد، حين تبرد إلى درجات حرارية منخفضة جدًا، فإنها يمكن أن توصل الكهرباء، دون أي مقاومة أيًا كانت. وهذه الخاصية ليست واحدة من أكثر خواص المادة روعة على الإطلاق، بل إنها غيَّرت فعليًا من فهمنا عن التكوين الكمي للمادة.

للأسف، لم تكن السنوات الفاصلة الخمس والعشرون طيبة، أو على وفاق مع نظرية الأوتار. وعلى الرغم من أن أفضل العقول الرياضية في العالم بدأت في التركيز عليها، استخلصت قدرًا هائلًا من النتائج الجديدة، ومن الرياضيات الجديدة (حصل ويتن -مثلًا- على أعلى جائزة في الرياضيات) أصبح واضحًا أن «الأوتار» في نظرية الأوتار ليست هي الأجسام الأساسية -على الأرجح- إطلاقًا. وبالأحرى، فإن هناك بنى أخرى، أكثر تعقيدًا تسمَّى «الأغشية»، التي سميت باسم أغشية الخلايا البيولوجية، التي توجد في أبعاد أعلى، وتتحكم على الأرجح في سلوك النظرية.

إن الأسوأ من هذا اضمحلال فرادة النظرية تدريجيًا. في النهاية، سنجد أن العالم الذي نعيشه ليس ذا عشرة أبعاد، بل أربعة. لا بد أن شيئًا ما يحدث للأبعاد المكانية الستة الباقية، ويصبح التفسير المعياري

لتعذر رؤيتها أنها «تندمج»؛ أي تلتف على سلم المقاييس الصغيرة، التي لا يمكن أن نحللها على سلم مقاييسنا، أو حتى على سلم المقاييس المتناهية الصغر، التي تتفحصها مصادمات جزيء الطاقة الأعلى لدينا اليوم.

هناك اختلاف بين تلك النطاقات المختبئة المقترحة والنطاقات الروحانية والدينية، وعلى الرغم من أنها قد لا تبدو هكذا على السطح. بداية، يمكن الوصول إليها نظريًا إذا استطاع الشخص بناء معجِّل طاقة كاف؛ ربما يتجاوز هذا حدود العملية، لكنه في إطار الممكن. ثانيًا، ربما يتمنى الشخص، كما هو بالنسبة للجزيئات الافتراضية، أن يجد دليلًا ما غير مباشر على وجودها عبر أجسام، يمكن أن نقيسها في كوننا الرباعي الأبعاد. وباختصار، نظرًا لأن تلك الأبعاد طُرحت في سياق نظرية تطوَّرت بهدف تفسير الكون، وليس تبريره، فإنها قد تكون قابلة للاختبار الإمبريقي في نهاية المطاف، حتى لو أن هذا الاحتمال ضئيل.

لكن في ما وراء ذلك، فإن الوجود المحتمل لتلك الأبعاد الإضافية يطرح تحديًا ضخمًا أمام الأمل بأن يكون كوننا فريدًا. حتى إذا بدأ الشخص بنظرية فريدة بعشرة أبعاد (أكرِّر: إننا لا نعلم بوجودها بعد)، فمن ثم يمكن أن ينتج عن كل طريقة مختلفة، لدمج الأبعاد الستة غير المرئية، نوعٌ جديد من كون رباعي الأبعاد، بقوانين فيزيائية مختلفة، وقوى مختلفة وجزيئات مختلفة، وتحكمه تناظرات مختلفة. لقد قدَّر بعض النظريين أن نظرية أوتار واحدة بعشرة أبعاد يمكن أن تنتج عنها، ربما، 10 أس 500 أكوان مختلفة رباعية الأبعاد متساوقة، فجأة أصبحت «نظرية كل شيء»، «نظرية أي شيء»!

اقتبس أحد المسلسلات الكرتونية من إحدى المجلات الفكاهية المفضلة لديَّ xkcd هذا الموقف بطريقة ساخرة؛ إذ يقول شخص

لآخر: «واتتني توًا فكرة رائعة. ماذا لو أن المادة والطاقة مصنوعان من أوتار متذبذبة متناهية الصغر». يقول الشخص الآخر حينئذ: «حسنًا، ماذا يعني هذا؟». فيجيبه الشخص الأول: «لا أعرف!».

اقترح الفيزيائي فرانك ويلزيك Frank Wilczek الحاصل على جائزة نوبل، أن نظريات الأوتار اخترعت طريقة جديدة في ممارسة الفيزياء؛ تذكرنا بطريقة جديدة للعب الأسهم، إذ تتم على النحو التالي، أولًا: يرمي الشخص بالسهم إلى حائط فارغ، ثم يذهب إلى الحائط ويرسم عين ثور حول المكان الذي رشق فيه السهم.

ومع أن تعليق فرانك يعبِّر عن تأمل دقيق لكثير من الدعاية، التي تولدت، إلا أنه لا بد من تأكيد أن من يعملون على النظرية يحاولون، بصدق، الكشف عن مبادئ ربما تحكم العالم الذي نعيش فيه. ومع ذلك أصبح فيض احتمالية أكوان رباعية الأبعاد -التي كانت يومًا مصدر إحراج لنظرية الأوتار- ميزة النظرية. إذ يمكن للشخص تخيل أنه يستطيع في «أكوان متعددة» ذات عشرة أبعاد، وضع كوكبة من أكوان رباعية الأبعاد مختلفة (أو خماسية أو سداسية... إلخ)، ولكل منها قوانين فيزيائية مختلفة، بالإضافة إلى إمكانية اختلاف طاقة الفضاء الفارغ في كل منها.

ومع أن ذلك قد يبدو تلفيقًا مناسبًا، إلا أنه نتيجة آلية للنظرية، ويخلق «مشهدًا طبيعيًا» متعدِّد الأكوان حقيقيًا، يمكن أن يمدنا بإطار طبيعي، لتطوير فهم إنساني عن طاقة الفضاء الفارغ. وفي هذه الحالة، فإننا لا نحتاج إلى عدد لانهائي من الأكوان المحتملة المنفصلة في فضاء ثلاثي الأبعاد. وعلى الأحرى، فإنه يمكننا تخيل عدد لا نهائي من الأكوان المكدَّسة في نقطة واحدة من فضائنا، غير المرئية بالنسبة لنا، لكن كل منها يمكن أن يظهر خواص مختلفة اختلافًا بارزًا.

أريد أن أؤكد أن هذه النظرية ليست سخيفة بقدر التأمّل الديني،

الذي طرحه القديس توما الأكويني حول ما إذا يمكن أن يحتل عدد من الملائكة المكان نفسه أم لا؛ الفكرة التي استهزأ بها دينيون لاحقون، باعتبارها تأملات عقيمة عن عدد الملائكة المناسب، في نقطة بحجم الإبرة؛ أو الأرجح على رأس دبوس. لقد أجاب الأكويني فعليًا على هذا السؤال بنفسه: بأن لا يمكن لأكثر من ملاك أن يحتل المكان نفسه؛ بالطبع، دون أي تبرير نظري أو عملي! (ولو كانوا ملائكة كمية بوزونية، فإنه سوف يكون مخطئًا على أي حال.)

ونظرًا لأن النظرية تحمل هذه التصور الهائل والرياضيات الكافية، فقد يأمل الشخص منا أن يطرح، نظريًا توقعات فيزيائية. فمثلًا، يمكن أن يستنبط الشخص توزيع احتمال، probability distribution يشرح رجحان العثور على أنواع مختلفة من الأكوان الرباعية الأبعاد، في أكوان متعددة، ذات بعد أضخم. وربما يجد الشخص -على سبيل المثال- أن هيكل هذه الأكوان، التي تتمتع بطاقة خواء صغيرة، يحتوي كذلك على ثلاث عائلات من الجزيئات الأولية وأربع قوى مختلفة، أو أن هناك في الأكوان ذات طاقة الخواء الصغيرة فقط، قوة كهرومغناطيسية طويلة المدى. أيّ نتيجة من تلك النتائج يمكن أن يمدنا بدليل إلزامي معقول بأن التفسير الإنساني الاحتمالي لطاقة الفضاء الفارغ- أي بكلمات أخرى، اكتشاف أن الكون، الذي يبدو مثل كوننا بطاقة خواء صغيرة محتمل- له أساس فيزيائي صلب.

إلا أن الرياضيات لم توصلنا بعد إلى هذا، وربما لن توصلنا أبدًا. لكن على الرغم من العقم النظري الحالي، فإن هذا لا يعني أن هذا الاحتمال لم تدركه الطبيعة فعليًا.

من ناحية أخرى، تقدمت فيزياء الجزيئات بالمنهج الإنساني خطوة جديدة إلى الأمام.

تسبق فيزياء الجزيئات علم الأكوان كثيرًا. أنتج علم الأكوان كمية غامضة كلية: طاقة الفضاء الفارغ، التي لا نفهم فعليًا عنها أي شيء. ومن ناحية ثانية، لم تفهم فيزياء الجزيئات العديد من الكميات الأخرى لمدة أطول!

على سبيل المثال: لماذا هناك ثلاثة أجيال من الجزيئات الأساسية؛ الإلكترون وابنا عمه الأثقل -مثل- الميون والتايون، أو المجموعات الثلاث المختلفة من الكوارك، حيث تشكل مجموعة الطاقة الأدنى هيكل المادة، التي نجدها على كوكب الأرض؟ لماذا الجاذبية أضعف بكثير من القوى الأخرى في الطبيعة مثل الكهرومغناطيسية؟ لماذا يكون البروتون أثقل 2000 مرة من الإلكترون؟

في الوقت الحالي قفز بعض فيزيائيي الجزيئات إلى عربة الفهم الإنساني، ربما لأن مجهودهم في تفسير تلك الألغاز -طبقًا للأسباب الفيزيائية- لم يلقَ نجاحًا بعد. في النهاية، لو أن كمًّا أساسيًا واحدًا في الطبيعة هو مصادفة بيئية، فلماذا إذن لا تكون معظم أو كل البارامترات الأساسية الأخرى كذلك؟ ربما يمكن حل كل ألغاز فيزياء الجزيئات بالتعويذة ذاتها: لو كان الكون على نحو آخر، لم نكن لنستطيع العيش فيه.

ربما يتساءل الشخص ما إذا هذا الحل لألغاز الطبيعة هو حل في الأساس، أو الأمر الأهم؛ هل يصف هذا الحل العلم كما نفهمه أم لا. في النهاية، كان هدف العلم، وفي فيزياء الجزيئات، خلال الأربعمائة وخمسين عامًا الماضية، هو أن يشرح لماذا يتحتم أن يكون الكون على النحو الذي نقيسه به، عوضًا عن أن يشرح لماذا تنتج قوانين الطبيعة أكوانًا مختلفة تمامًا.

حاولتُ أن أشرح لماذا لا يُعد هذا السؤال هو السؤال المطروح، وفي

الأساس؛ لماذا تحوّل العديد من العلماء البارزين إلى المبدأ الإنساني؟ ولماذا بذل عدد كبير منهم أقصى جهده؛ ليتبين ما إذا يمكننا أن نتعلم شيئًا جديدًا عن الكون بناء على هذا المبدأ أم لا.

فلأمضِ خطوة أبعد، أحاول معها أن أشرح كيف أن وجود أكوان غير قابلة لَلكشف أبدًا -سواء بعيدة عنا بسبب المسافات اللانهائية في الفضاء، أو أمامنا مباشرة، فلا نراها بسبب المسافات الميكروسكوبية في الأبعاد الإضافية المحتملة- قد تكون حقلًا لنوع من الاختبار الإمبريقي.

فلتتخيل -مثلًا- أننا استخلصنا نظرية، تقوم على توحيد ثلاث أو أربع قوى -على الأقل- من قوى الطبيعة في النظرية الموحدة العظمى Grand Unified Theory، وهو الحقل الذي ما يزال يلقى اهتمامًا شديدًا في فيزياء الجزيئات (وسط هؤلاء الذين لم يتخلوا عن البحث عن نظريات أساسية بأربعة أبعاد). وقد تضع هذه النظرية توقعات عن قوى الطبيعة، التي نقيسها، وعن طيف الجزيئات الأولية، الذي نفحصه في مصادماتنا؛ فإذا أنتجت هذه النظرية كوكبة من التوقعات، ثبتت صحتها في تجاربنا، فإنه سوف يكون لدينا سبب جيد جدًا للظن بأنها تحمل جرثومة الصحة.

لنفترض الآن أن هذه النظرية تتوقَّع كذلك فترة من التضخم في الكون الأوليّ، وأن عصر التضخم الذي نعيشه هو محض حلقة من مجموعة سلاسل في أكوان متعدِّدة متضخِّمة تضخّمًا أبديًا. حتى إذا لم نستطِع استكشاف وجود تلك المناطق في ما وراء أفقنا مباشرة، فمن ثم، وكما قلت من قبل، لو أنه يمشي مثل البطة ويبطبط مثل البطة... حسنًا، أنت تفهم ما أريد.

إن إيجاد دعم إمبريقي محتمل للأفكار التي تحيط الأبعاد الإضافية أمر بعيد المنال لكن ليس مستحيلًا. يكرِّس عديد من النظريين الشبان

الرائعين حياتهم المهنية على أمل تطوير النظرية إلى المستوى الذي يمكن أن يجدوا عنده دليلًا -حتى غير مباشر- على أنها صحيحة. وربما وضعوا آمالهم في غير مواضعها، لكنهم أوضحوا موقفهم تمامًا. ربما يكشف دليل ما، قد يأتي من مصادم الهدرونات الكبير، عن نافذة ما أخرى، مخبَّأة في هذه الفيزياء الجديدة.

هكذا، وبعد قرن من التقدم غير المسبوق حقًّا والرائع في فهمنا للطبيعة، وجدنا أنفسنا قادرين على فحص الكون بمقاييس كان لا يمكن تصورها من قبل. لقد فهمنا طبيعة تمدد الانفجار الكبير، رجوعًا إلى الثواني المايكرو الأولى من عمره واكتشفنا وجود مئات مليارات المجرات الجديدة، مع مئات المليارات من النجوم الجديدة. اكتشفنا أن 99 بالمائة من الكون غير مرئي بالنسبة لنا فعليًّا، ويتكوّن من مادة معتمة، هي على الأرجح شكل جديد من الجزيئات الأولية، بل وحتى الطاقة المعتمة، الذي لا يزال أصلها لغزًا كاملًا في الوقت الحالي.

وبعد كل هذا، فقد تصبح الفيزياء «علمًا بيئيًا environmental science». ولعل الثوابت الأساسية للطبيعة، التي افترضنا طويلًا أنها تتمتع بأهمية خاصة، محض مصادفات بيئية. لو أننا، نحن العلماء، نميل إلى أخذ أنفسنا وعلمنا بجدية شديدة، فلعلنا أخذنا كوننا بجدية شديدة كذلك. فربما نثير ضجة كبيرة، حرفيًّا ومجازيًّا، حول لا شيء. وربما نبالغ كثيرًا في اللاشيء الذي يحكم كوننا! وربما يُعدّ كوننا -على الأحرى- مثل دمعة مدفونة في بحر واسع، متعدد الأكوان من الاحتمالات. وربما لن نعثر أبدًا على نظرية، تصف لماذا يجب أن يكون الكون على النحو، الذي هو عليه.

أو ربما نعثر عليها.

أخيرًا، هذه أدق صورة يمكن رسمها عن الواقع كما نفهمه الآن، إذ إنها

تستند إلى عمل عشرات الألاف من العقول المتفانية عبر القرن الماضي. لبناء بعض من أكثر الآلات تعقيدًا عبر التاريخ ولتطوير بعض من أجمل الأفكار، بل وأعقدها مما اشتبكت معه البشرية على مَرِّ تاريخها. إنها الصورة التي يؤكِّد خلقها على الأفضل في أن تكون إنسانًا -قدرتنا على تخيل الاحتمالات العريضة للوجود والمغامرة لاستكشافها بشجاعة؛ دون أن نعزو هذا إلى قوى غامضة، أو خالق- بالضرورة، غامض للأبد. إننا ندين لأنفسنا بأن نستقي الحكمة من هذه التجربة. لأن العكس يعني أن نسيء إلى كل الأشخاص الرائعين والشجعان الذين ساعدونا في الوصول إلى الحالة المعرفية الحالية.

إذا رغبنا في أن نستقي استنتاجات فلسفية عن وجودنا، وأهميتنا، وأهمية الكون ذاته، لا بد أن ترتكز استنتاجاتنا على المعرفة الإمبريقية. إن العقل المنفتح حقًا يعني إجبار خيالنا على التوافق مع دليل الواقع وليس العكس، سواء استحسنا تضميناته أم لم نستحسنها.

الفصل التاسع

اللاشيء هو شيء ما

«لايهمني أنني لا أعرف؛ هذا لا يخيفني».

ريتشارد فاينمان

غيَّر إسحاق نيوتن -الفيزيائي الأعظم عبر الزمن على الأرجح- الطريقة التي نفكر بها في الكون على عدة مناحٍ وبشكل جذري. لكن لعل أهم مساهمة قدمها كانت أنه برهن على احتمالية أن الكون كله قابل للتفسير. فمع قانونه في الجاذبية، برهن لأول مرة أنه حتى السماء يمكنها أن تنحني أمام قوة قوانين الطبيعة. وربما يختلف الكون تمامًا عن وصفه سابقًا بأنه غريب وعدائي ومهدِّد ومتقلِّب، كما يبدو.

لو أن القوانين التي تحكم الكون ثابتة، لكان آلهة اليونان القديمة وروما عاجزين. ولن تكون لديهم الحرية لثني العالم عشوائيًا لخلق مشكلات شائكة للنوع البشري. وما كان مع زيوس، قد ينطبق على رب إسرائيل أيضًا. كيف يمكن أن تظل الشمس قائمة في وسط النهار، لولا

أنها لا تدور حول كوكب الأرض، بل إن حركتها في السماء سببها في الحقيقة دوران كوكب الأرض حول نفسه، ذلك الدوران الذي إذا توقف فجأة، سوف يخلق قوى على سطحه يمكن أن تدمر كل البنى البشرية والنوع البشري؟

بالطبع إن الأفعال الخارقة للطبيعة هي ما تتحدث عنه المعجزات، إذ إنها في نهاية المطاف، تلك الأفعال التي تتفادى وتلتف حول قوانين الطبيعة تحديدًا. إن الإله الذي يستطيع خلق قوانين الطبيعة، يمكن أن يلتف حولها حين يشاء. ومع ذلك، يظل التساؤل مطروحًا عن سبب الالتفاف حولها بحرية تامة، منذ آلاف السنوات، قبل اختراع أدوات الاتصال الحديثة، التي كان يمكن أن تسجِّلها وترصدها، وليس اليوم.

على أيٍ حال، فإنه حتى في كون بلا معجزات، حين تواجه نظامًا خفيًّا بسيطًا تمامًا، يمكن أن تستخلص استنتاجين مختلفين. الأول، ذاك الذي استقاه نيوتن نفسه، واعتنقه في وقت مبكر جاليليو وكوكبة من العلماء الآخرين، عبر السنين؛ وهو أن ذلك النظام خلقه ذكاء إلهي مسؤول ليس فقط عن الكون، بل عن وجودنا، وأننا نحن البشر، خلقنا على صورته (ولم يخلق، كما هو واضح، الكائنات المعقدة والجميلة الأخرى على صورته). أما الاستنتاج الآخر فهو أن القوانين ذاتها هي كل ما هو موجود. وأن هذه القوانين ذاتها تستلزم وجود كوننا، وتطوّره وتَقَدّمه، وأننا نتيجة ثانوية قطعية لتلك القوانين. لعل القوانين سرمدية، أو لعلها خرجت إلى الوجود بسياق ما لا يزال مجهولًا، لكنها فيزيائية بحتة محتملة.

لا يزال الفلاسفة ورجال الدين والعلماء -أحيانًا- يناقشون هذه الاحتمالات. ونحن لسنا متأكدين من أن أيًا منها تصف فعليًا كوننا، وربما لن نعرف أبدًا. لكن جوهر المسألة هو، كما أكدت في بداية هذا

الكتاب، أنه لن يأتي الفيصل النهائي للإجابة عن هذا السؤال من الأمل والرغبة والكشف أو التفكير المحض. سوف يأتي، إذا حدث يومًا، من استكشاف الطبيعة. سواء كان حلمًا أم كابوسًا، كما قال يعقوب برونوفسكي Jacob Bronowski في أحد الأقوال الافتتاحية في هذا الكتاب -وحلم شخص ما، يمكن أن يكون بسهولة في هذه الحالة كابوس شخص آخر- نحن بحاجة إلى أن نعيش خبرتنا كما هي بعيون مفتوحة. إن الكون هو ما هو عليه، سواء أحببناه أم لم نحبه.

وهنا، أعتقد أنها نقطة ذات أهمية قصوى أن ثمَّة كونا من لا شيء -بالمعنى الذي سوف أجتهد في وصفه- يبزغ طبيعيًا، بل حتى حتميًا، ويتساوق تساوقًا متزايدًا مع كل شيء تعلّمناه عن العالم. إن هذا العلم لم يولد من إلهامات فلسفية أو دينية في الأخلاق أو من تنبؤات أخرى عن الطبيعة الإنسانية. وبدلا عن كل ما سبق، يجد هذا العلم ركيزته في التطورات الرائعة والمثيرة في علم الأكوان الإمبريقي، وفيزياء الجزيئات اللذين وصفتهما.

لهذا أحب أن أعود إلى السؤال الذي طرحته في بداية هذا الكتاب: لماذا هناك شيء ما، بدلًا من لا شيء؟ نحن نفترض أننا في وضع أفضل يتيح لنا تناول هذا السؤال؛ لأننا راجعنا الصورة العلمية الحديثة عن الكون وتاريخه ومستقبله المحتمل، وكذلك الشروحات الإجرائية لما يمكن أن يعنيه «اللاشيء» فعليًا. وكما أشرت في بداية هذا الكتاب أيضًا، أجاب العلم عن هذا السؤال، كما هو حال العلم حيال كل الأسئلة الفلسفية المماثلة. وبعيدًا عن الإطار الذي يفرض علينا ضرورة وجود خالق، تغير المعنى ذاته للكلمات التي تشكل السؤال؛ بحيث فقد كثيرًا من معناه الأصلي؛ وهو، مجدَّدًا، أمر مألوف، بما أن المعرفة الإمبريقية تشعّ نورًا جديدًا على الزوايا المعتمة الأخرى في خيالنا.

في الوقت نفسه، يجب علينا أن نكون حذرين، خاصة في العلم، بشأن أسئلة «لماذا». حين نسأل «لماذا؟». فإننا عادة نعني «كيف؟». فإذا استطعنا الإجابة عن هذا السؤال الأخير، نكون قد حققنا أهدافنا. ربما، على سبيل المثال، نسأل: «لماذا تبتعد الأرض 93 مليون ميل عن الشمس؟». ولكن ما نعنيه حقًا هو: «كيف تبعد الأرض 93 مليون ميل عن الشمس؟»؛ أي، نحن معنيون بالسياقات الفيزيائية التي أدت إلى أن تنتهي الأرض في وضعها الحالي. يطرح «لماذا» ضمنيا الهدف، وحين نحاول أن نفهم النظام الشمسي في سياق علمي، فإننا لا نعزو له غاية ما.

لهذا سوف أفترض أن ما يتضمنه هذا السؤال حقًا هو: «كيف هناك شيء ما عوضًا عن لا شيء؟» إن أسئلة «كيف» هي حقًا الوحيدة التي نستطيع أن نقدم عنها إجابات محددة بدراسة الطبيعة، ولكن لأن هذه الجملة تبدو غريبة جدًا على الأذن، فإنني أتمنى أن تغفروا لي لو أنني سقطت -أحيانًا- في مصيدة مناقشة الصيغة المعيارية بينما أحاول حقًا الإجابة عن السؤال الأكثر تحديدًا «كيف».

حتى في هذه النقطة، من منظور الفهم الفعلي تحل محل هذا السؤال الخاص «كيف» كوكبة من الأسئلة أكثر إثمارًا عمليانيًا مثل: «ما الذي يمكن أن يكون قد أنتج خواص الكون التي تميزه على نحو مدهش في الوقت الحاضر؟» أو ربما السؤال الأهم هو: «كيف يمكن أن نعرف؟».

هنا، مجدَّدًا، أتمنى أن أشرح ما شرحته بالفعل، إذ تسمح صياغة الأسئلة على هذا النحو بإنتاج معرفة جديدة وفهم جديد. هذا ما يميزها عن الأسئلة الدينية المحضة، التي تفترض الإجابات مسبقًا. لقد تحديت -بالفعل- عديدًا من علماء اللاهوت؛ لكي يقدموا دليلًا يناقض مسلمة أن علم اللاهوت لم يقدم مساهمة ما في الحقل المعرفي، خلال الخمسمائة عام الماضية على الأقل، منذ بزوغ العلم، ولم يقدم حتى

الآن أي شخص نموذجًا يدحض هذه المسَلَّمة. إن معظم ما حصلت عليه كان سؤال: «ماذا تعني بالمعرفة؟». من المنظور الإبستمولوجي، يمكن اعتبار هذا السؤال قضية شائكة، لكن حجّتي أمامه هي: لو أن هناك بديلًا أفضل، لكان عرضه شخص ما. أما إذا عرضت التحدي ذاته على علماء الأحياء أو علم النفس أو التاريخ أو الفلك، فلن يشعر أي منهم بمثل هذه الحيرة.

تستلزم الإجابات عن ذلك النوع من الأسئلة المثمرة توقعات نظرية يمكن اختبارها بالتجارب؛ لاستقاء معرفتنا الإجرائية عن الكون قدمًا على نحو أكثر مباشرة. ولهذا السبب، ركزت على مثل هذه الأسئلة المثمرة، حتى هذه النقطة من هذا الكتاب. ومع ذلك، لا يزال سؤال: «شيء ما من لا شيء» يجد رواجًا عظيمًا، ولهذا ربما يحتاج التصدي له.

لقد قلّص عمل نيوتن -جذريًا- المجال المحتمل لأعمال الله، سواء عزوت ذلك لأي عقلانية متأصلة إلى الكون أم لم تفعل. لم تقيد قوانين نيوتن العمل الإلهي بشدة فحسب، بل إنها كذلك استغنت عن ضرورات متنوعة تستلزم تدخل أفعال خارقة للطبيعة. اكتشف نيوتن أن حركة الكواكب حول الشمس لا تستلزم أن تندفع إلى الأمام في مساراتها، بل إنها على الأحرى، وعلى نحو مناقض للبديهي تناقضًا كبيرًا، تستلزم أن تنسحب بقوة ما تعمل باتجاه الشمس، وبالتالي استُغني عن الحاجة إلى ملائكة، تلك الحاجة التي كان يتم استدعاؤها في السابق لترشد الكواكب في طريقها. ومع أن الاستغناء عن هذا الاستخدام الخاص للملائكة لم يكن له تأثير قوي على إرادة الناس بالايمان بها (تعرض استطلاعات الرأي أن عددًا من الذين يؤمنون بالملائكة في الولايات المتحدة أكبر ممن يؤمنون بنظرية النشوء والتطور)، فمن الإنصاف أن نقول إن التقدم

في العلم -منذ نيوتن- حدَّد بشدة عدد الفرص المتاحة، التي يمكن أن يتضح فيها أثر يد الله في أعماله اليدوية المضمرة.

نستطيع أن نصف تطور الكون، منذ اللحظات الأولى في عمر الانفجار الكبير دون اللجوء إلى أي شيء يتجاوز القوانين الفيزيائية المعروفة، كما أننا وصفنا كذلك تاريخ مستقبل الكون المرجح. ولا تزال هناك بالتأكيد ألغاز عن الكون لا نفهمها، ولكني سوف أفترض أن قرّاء هذا الكتاب غير متمسكين بصورة «إله الفراغات God of the Gaps»، إذ يُستحضر الله حينما يشوب ملاحظاتنا العلمية الإلغاز أو الغموض. بل إن علماء اللاهوت أنفسهم يدركون أن هذا المصدر لا ينتقص من عَظَمة كينونتهم العليا فحسب، بل إنه يفتح كذلك الطريق إلى إزالتها أو إلى مزيد من تهميشها أينما استطاع عمل جديد حلّ اللغز أو إزاحته.

في هذا الوعي، تحاول حجة «شيء ما من لا شيء» أن تركز حقًا على الفعل الأصلي للخلق، وأن تطرح تساؤلًا عمّا إذا يمكن أن يكتمل التفسير العلمي في يوم ما منطقيًا، وأن يقدم قناعة كاملة في تناوله لهذه القضية الخاصة.

من الواضح أن هناك ثلاثة معانٍ مختلفة ومنفصلة لسؤال: «شيء ما من لا شيء». تشكل فهمنا المعاصر للطبيعة. إن الإجابة المختصرة عن كل منها هي: «نعم، من المحتمل جدًا»؛ وسوف أناقش كلًا منها بدوره في بقية هذا الكتاب، كما سأحاول أن أشرح لماذا، أو الأفضل كما طرحت توًا، كيف.

يطرح مبدأ موسى أوكام أنه في حالة ما أن يكون حدثٌ ما مقبولًا فيزيقيًا، فإننا لا نحتاج إلى أن نلجأ إلى حجج خارقة أكثر لإثبات وجوده. وبالتأكيد إن إحدى هذه الحجج ضرورة وجود إله قدير، على نحو ما، خارج كوننا أو الأكوان المتعددة، يحكم -في الوقت نفسه- ما يحدث

بالداخل، لذلك لا بد أن يكون الملاذ الأخير وهذا أحرى بألا يكون الملاذ الأول.

ناقشتُ -بالفعل- في مقدمة هذا الكتاب أن تعريف «اللاشيء» بأنه «اللاوجود» لا يكفي لاقتراح أن الفيزياء والعلوم عامة، غير مؤهلة للتصدي لهذا السؤال. دعوني أطرح حجّة إضافية وأكثر تحديدًا في هذا المقام. عليك بالتفكير في زوج الإلكترون- البوزيترون، الذي يظهر إلى الوجود بعفوية من الفضاء الفارغ، بالقرب من نواة ذرة ما ويؤثر على خاصية تلك الذرة في الفترة القصيرة، التي يوجد بها الزوج. كيف وجد الإلكترون أو البوزيترون من قبل؟ بالتأكيد، ليس هناك مَنْ تناول ذلك من قبل. كان هناك احتمال لوجودهما بالتأكيد، لكن هذا لا يشير إلى معنى «الوجود» أكثر من احتمال «وجود» إنسان ما، على سبيل المثال، لأنني أحمل حيوانًا منويًا في خصيتي، بالقرب من امرأة في مرحلة التبويض، وربما نتزاوج. وبالفعل فإن أفضل إجابة سمعتها في حياتي عن سؤال: كيف هو الموت (أي: اللاوجود) وقد كانت هي أن تتخيل كيف كان الأمر قبل أن تُولد. في كل حال، لو أن احتمال «أن توجد» يكافئ الوجود، فأنا إذن متأكد من أن الاستمناء كان يجب أن يكون قضية قانونية حساسة مثل الإجهاض الآن.

أقام مؤخرًا «مشروع الأصول Origins Project» في جامعة ولاية أريزونا الذي أديره ورشة عمل عن أصل الحياة، ولا يسعني -في هذا الصدد- إلا أن أرى النقاش الكوني الحالي في هذا السياق. إننا لم نفهم بعد تمامًا كيف نشأت الحياة على كوكب الأرض. وعلى أي حال فإننا لا نملك آليات كميائية فقط، يمكن فهم هذا بها، ولكننا، كذلك، نستهدف -يومًا بعد يوم- طرقًا محددة، ربما سمحت بظهور الجزيئات البيولوجية -بما فيها الحمض النووي- ظهورًا طبيعيًا. بالإضافة إلى ذلك، تقدم

نظرية النشوء والارتقاء الداروينية -بناء على انتقاء طبيعي- صورة دقيقة علمية عن كيفية ظهور الحياة المعقدة على هذا الكوكب؛ نتيجة لكيمياء ما محددة أنتجت الخلايا الأولى المتكاثرة ذاتيًا بتمثيل غذائي حصلت به على الطاقة من بيئتها. (أفضل تعريف أستطيع الوصول إليه في هذه اللحظة).

ومثلما أزاح داروين، رغمًا عنه، الحاجة إلى تدخل إلهي في نشوء وتطور العالم المعاصر، الذي يزدحم بحياة متنوعة عبر الكوكب (على الرغم من أنه ترك الباب مفتوحًا لاحتمالية أن يكون الله قد ساعد بنفخ الحياة في الأشكال الأولى)، يضفي فهمنا الحالي للكون وماضيه ومستقبله المصداقية على فرضية أن «شيئا ما» يمكن أن ينبثق من «لا شيء» دون الحاجة إلى أي تدخّل إلهي. وبسبب صعوبات الملاحظات العلمية والنظرية المتصلة بها، المرتبطة باستنباط حلول لتفصيلاتها وتطويرها، أتوقع ألا نحقق أكثر من المصداقية في هذا الصدد. غير أن هذا في حد ذاته -من وجهة نظري- يُعدّ خطوة هائلة إلى الأمام بينما نتحلى بشجاعة أن نعيش حيوات ذات معنى في كون برز إلى الوجود، وقد يختفي من الوجود، دون غاية ودون أن نكون مركزه بالتأكيد.

علينا أن نعود الآن إلى أحد المعالم الرائعة لكوننا: يقترب من أن يكون مسطّحًا بقدر ما نقيس. وأذكّرك بالوجه الفريد لكون مسطح، على الأقل حسب المقاييس التي تهيمن عليه المادة في شكل مجرات، وحيث التقديرات التقريبية النيوتونية صحيحة: إن متوسّط طاقة الجاذبية النيوتونية لكل جسمٍ يشارك في التمدُّد صفر بالضبط في كون مسطّحٍ، وفقط في كون مسطّح.

أؤكد أن هذا كان مسلمة مزيفة، وكان لا يجب أن تكون هكذا. إذ ليس هناك ما استلزم هذا باستثناء توقّعات نظرية تستند إلى اعتبارات عن

«كون» يمكن أن يكون بزغ طبيعيًا من «لا شيء»، أو على أقل تقدير من لا شيء تقريبًا.

أشدد هنا جدًا على أهمية الحقيقة التالية: بمجرد أن تدخل الجاذبية في حساباتنا عن الطبيعة، لا يصبح الشخص منًا حرًا في تعريف الطاقة الكلية لنظام ما عشوائيًا، ولا في تعريف حقيقة أن هناك مساهمات سالبة وموجبة على السواء لتلك الطاقة. وبقدر أهمية قضية تحديد هندسة الانحناء الكوني، لا يمكن تحديد طاقة الجاذبية الكلية للأجسام التي يحملها تمدد الكون عشوائيا. إنها خاصية من خواص الفضاء ذاته، طبقا للنسبية العامة، وتحدد حسب الطاقة التي يحتويها الفضاء.

إنني أقول هذا لأن هناك من جادل بأن متوسط طاقة الجاذبية النيوتونية الكلية لكل مجرة في كون مسطح، ومتمدد الصفرية هي قيمة عشوائية، وأن أي قيمة أخرى، يمكن أن تكون صالحة بالمثل، لكن هؤلاء العلماء الذين «يحددون» هذه القيمة، يستهدفون من ورائها طرح الحجة على عدم وجود الله. هكذا زعم دنيش ديسوزا Dinesh D'Souza على أي حال، في محاوراته مع كريستوفر هيتشنز عن وجود الله.

ليس هناك ما هو أبعد عن الحقيقة من هذا، إن الجهد المبذول لتحديد انحناء الكون استغرق نصف قرن وقام على أكتاف علماء كرَّسوا حيواتهم لتحديد الطبيعة الفعلية للكون، وليس لفرض رغباتهم عليه. وحتى بعد ظهور الحجج النظرية التي تدعم سبب تسطح الكون أول مرة، ظلَّ زملائي منكبّين على عملهم -طوال العقدين الثامن والتاسع من القرن الماضي- لإثبات العكس. لأن الشخص، في نهاية المطاف، يحقق التأثير الأعظم في العلم (وغالبًا العناوين الرئيسة الأعظم في الدوريات) بالسير عكس القطيع.

وبغضّ النظر عن ذلك، كانت للبيانات الكلمة الأخيرة: إن كوننا

المرئي يقترب من أن يكون مسطحًا حسب ما نقيس. وإن قيمة طاقة الجاذبية النيوتونية للمجرات التي تتحرَّك قدمًا مع قانون هابل تساوي صفرًا؛ أردت أم لم تُرِد.

أود الآن أن أصف كيف أن ما يجب أن نتوقعه على وجه التحديد هو كون مسطح، إذا كان كوننا بزغ من لا شيء، وإذا كانت قيمة طاقة الجاذبية النيوتونية الكلية لكل جسم فيه تساوي صفرًا. إن الحجة دقيقة إلى حد ما- أدق من قدرتي على وصفها، في محاضراتي العامة عن الموضوع، ولهذا أنا سعيد بأن أجد المساحة هنا لكي أحاول أن أعرضها بحرص.

أولًا، أريد أن أكون واضحًا بشأن نوع «اللاشيء» الذي أناقشه في هذه اللحظة، إنه أبسط نسخة من اللاشيء؛ إنه الفضاء الفارغ في الأساس. في الوقت الحاضر، سوف أفترض فضاءً يوجد بـ «لا شيء» داخله على الإطلاق، وأن القوانين الفيزيائية موجودة أيضًا. ومرة ثانية، أدرك أن من بين النسخ المعدلة عن «اللاشيء» التي رغب هؤلاء -من خلالها- إعادة تعريف الكلمة بحيث تمّحي عنها أي خصوصية علمية- إن هذه النسخة سوف تخيّب آمالهم. وعلى أي حال، أشك أن الفضاء الفارغ باللاشيء فيه كان تقريبًا صالحًا لما دار في أذهان الناس في زمن أفلاطون والأكويني حين فكروا في قضية لماذا هناك «شيء» ما عوضًا عن «لا شيء».

كما رأينا في الفصل السادس، شرح آلان جوث -بدقة- كيف يمكن أن نحصل على «شيء» ما من هذا النوع من «اللاشيء»: الغذاء المجاني الأخير. يمكن أن يتمتع الفضاء الفارغ بطاقة لاصفرية، حتى مع غياب أي مادة أو إشعاع؛ إذ تخبرنا النسبية العامة أن الفضاء سيتمدد تصاعديًا، إلى درجة أن أصغر منطقة كانت موجودة في الأوقات الأولى يمكن أن تنطوي على حجم يكفي ليحتوي كل كوننا المرئي اليوم.

وكما وصفت كذلك في ذلك الفصل؛ خلال التمدد السريع، فإنه سوف يزيد تسطح المنطقة التي سوف تشمل كوننا في النهاية، حتى بالقدر الذي تنمو به الطاقة التي يحتويها الفضاء الفارغ، فينمو الكون. تحدث هذه الظاهرة دون الحاجة إلى حيلة سحرية، أو تدخل إعجازي. إن هذا ممكنٌ لأن «ضغط» الجاذبية الذي يرتبط بهذه الطاقة في الفضاء الفارغ سالب بالفعل. هذا «الضغط السلبي» يعني أن التمدد يضخ طاقة في الفضاء وليس العكس.

طبقًا لهذه الصورة، فإنه حين ينتهي التضخم، تتحوَّل الطاقة المخزَّنة في الفضاء الفارغ إلى طاقة جزيئات حقيقية وإشعاع، بعد أن تصنع البداية تمدد الانفجار الكبير الحالي بالفعل، التي استطعنا اقتفاءها.. أقول إن البداية التي استطعنا اقتفاءها لأن التضخم يمحو تمامًا أي ذكرى عن حالة الكون قبل بدايته. تنتظم كل البنيات المعقدة والشاذة على سلم القياسات الضخمة (لو أن الكون السابق على الوجود أو الأكوان المتعددة ضخمة، حتى لو ضخامة لا نهائية) و/ أو تُدفع بعيدًا جدًا إلى خارج أفقنا الحالي، بحيث نرصد دومًا كونًا متناسقًا تقريبًا بعد أن يكون قد حدث ما يكفي من التمدُّد التضخمي.

أقول (كونًا) متناسقًا تقريبًا؛ لأنني شرحت في الفصل السادس، كيف أن ميكانيكا الكم سوف تترك دائمًا بعض التموجات ذات الكثافة الصغيرة والتي تتجمَّد خلال التضخم. وهذا ينتج عنه المدلول المذهل الثاني للتضخم؛ أن تصبح التموجات ذات الكثافة الصغيرة في الفضاء الفارغ -بسبب قوانين ميكانيكا الكم- مسؤولة فيما بعد عن كل البنية التي نراها في الكون اليوم. وهكذا، فإننا: نحن وكل شيء نراه، حصيلة التموجات الكمية في ما هو أساسًا «اللاشيء» بالقرب من بداية الزمن خلال التمدد التضخمي.

بعد أن يهدأ التراب في النهاية، سيكون التشكل المتولد للمادة والإشعاع كونًا مسطحًا في الأساس؛ ذلك الكون الذي ستكون قيمة طاقة الجاذبية النيوتونية لكل الأجسام فيه تساوي صفرًا. هذا هو الحال دومًا، إلا إذا استطاع الشخص أن يوازن بدقة بالغة كمية التضخم.

بناءً عليه، يمكن أن يبدأ كوننا المرئي كمنطقة صغيرة ميكروسكوبية من الفضاء؛ يمكن أن تكون فارغة أساسًا، وتظل تنمو إلى مقاييس هائلة، محتوية في النهاية كثيرًا من المادة والإشعاع، وهذا كله دون أن تتكلَّف قطرة طاقة، ومع مادة وإشعاع كافيين يفسران كل ما نراه اليوم!

إن النقطة المهمَّة التي تستحق تأكيدها في هذا الملخص الوجيز عن ديناميكيات التضخم التي ناقشتها في الفصل السادس، هي أنه يمكن أن يبزغ شيء ما من الفضاء الفارغ على وجه الدقة؛ لأن طاقة الفضاء الفارغ النشطة، في حضور ووجود الجاذبية، ليست ما يهدينا له الحس العام، قبل أن نكتشف القوانين الخفية للطبيعة.

لم يقل شخص أبدًا إن ما يهدي الكون، هو ما قد نعتقد أساسًا أنه معقول، من منظورنا قصير النظر، التافه بالنسبة للمكان والزمان. بالتأكيد يبدو معقولًا أن نتخيل هذا استدلاليًا، فالمادة لا يمكن أن تنبثق آنيًا من فضاء فارغ، وبالتالي، فإنه في هذا السياق، لا يمكن أن ينبثق شيء ما من لا شيء. ولكن حين نطَّلع إلى ديناميكيات الجاذبية وميكانيكا الكم، نجد أن هذا التصور العام فقد صحته. هذا هو جمال العلم، ولا يجب تهديده. فالعلم يجبرنا -ببساطة- على أن نراجع ما هو معقول للتوافق مع الكون، وليس العكس.

إذن للتلخيص: إن الملاحظات العلمية بأن الكون مسطح، وأن قيمة طاقة الجاذبية النيوتينية تساوي بالضرورة صفرًا، تطرح بقوة اليوم أن كوننا انبثق خلال عملية شبيهة بالتضخم، وهي العملية التي تتحوَّل بها

طاقة الفضاء الفارغ (لا شيء) إلى طاقة (شيء ما)، خلال الفترة الزمنية التي يقترب فيها الكون أكثر وأكثر من التسطح تمامًا -بصورة أساسية- على سلم كل المقاييس المرئية.

وفي حين يبرهن التضخم على كيف يمكن أن يخلق الفضاء الفارغ الموهوب طاقة كل شيء نراه، بالإضافة إلى كون مسطح وضخم ضخامة هائلة، فسيكون من المكر طرح أن الفضاء الفارغ ذا الطاقة، الذي يسوق التضخم هو لا شيء فعلًا. يجب أن يفترض الشخص، في هذه الصورة، أن الفضاء موجود ويستطيع أن يخزِّن طاقة، وأن يستخدم الشخص قوانين الفيزياء مثل النسبية العامة، لكي يحسب النتائج المترتبة على هذا. فإذا توقفنا هنا، فإنه يحق للشخص الزعم بأن العلم الحديث بعيد جدًا عن أن يتناول حقًا قضية كيف يمكن أن تحصل على «شيء ما» من «لا شيء». فهذه هي الخطوة الأولى فحسب. وإذ يتسع أفق فهمنا للقضية، فإننا سوف نرى -فيما بعد- أن التضخم يمكن أن يمثل ببساطة قمة جبل «اللاشيء» الثلجي الكوني.

الفصل العاشر

اللاشيء غير ثابت

«حقِّق العدل، ودع السماوات تسقط».

مثل روماني قديم

إن وجود الطاقة في الفضاء الفارغ -الاكتشاف الذي هزَّ كوننا الكوزمولوجي والفكرة التي تشكل حجر أساس التضخم- لم يعزِّز إلا شيئًا ما يخص عالم نظرية الكم التي رسخت -بالفعل- عبر سياق أنواع التجارب المعملية التي شرحتها -من قبل- في الفصول السابقة. إن الفضاء الفارغ معقد. إنه مشروب يغلي من الجزيئات الافتراضية التي تظهر وتختفي في وقت قصير جدًا فلا نستطيع أن نراها مباشرة.

إن الجزيئات الافتراضية تُعدّ تجليات للخاصية الأساسية للمنظومات الكمية. فهناك في لب ميكانيكا الكم، قانون يحكم أحيانًا السياسيين أو الرؤساء التنفيذيين، مؤداه: «بما أن لا أحد يراقب أي شيء يحدث، فلتفعل ما تريد». تستمر الأنظمة في الحركة -ولو حتى حركة مؤقتة

فقط- بين كل الحالات الممكنة، من بينها حالات لم يكن ممكنًا السماح بها لو أن البنية قابلة للقياس بالفعل. تفيد تلك «التموّجات الكَمَية» في تقديم ملمح أساسي عن عالم الكَمّ: «اللاشيء» ينتج دومًا شيئًا ما ولو لبرهة وجيزة فقط.

وهنا تكمن العقدة. إذ يخبرنا مبدأ الحفاظ على الطاقة أن المنظومات الكمية يمكن أن تسيء التصرف لمدة طويلة جدًا. وعلى منوال الاختلاسات، التي يقوم بها سماسرة البورصة، فإنه إذا كانت الحالة التي تتموج إليها المنظومة تستلزم اختلاس بعض الطاقة من الفضاء الفارغ، فلا بد إذن أن تعيد المنظومة تلك الطاقة في وقت قصير -بما يكفي- بحيث لا يستطيع أي شخص يقوم بقياس المنظومة أن يتبين حدوث هذا.

نتيجة لهذا، يمكن افتراض أن هذا «الشيء» الذي تنتجه التموجات الكمية عابر؛ أي غير قابل للقياس، بخلاف، مثلًا، أنت أو أنا أو كوكب الأرض الذي نعيش عليه. غير أن الخلق العابر يخضع أيضا إلى الظروف التي ترتبط بقياساتنا. فكِّر، مثلًا، في الحقل الكهربائي الذي ينبعث من الجسم المشحون. الأمر حقيقي بالتأكيد، إذ يمكنك أن تشعر بالقوة الكهربائية الاستاتيكية على شعرك أو حين تلتصق بالون بالحائط. وعلى أي حال، تعزو النظرية الكمية الكهرومغناطيسية وجود الحقل الاستاتيكي إلى انبعات الفوتونات الافتراضية التي تصل قيمتها الكلية إلى الصفر، عن طريق جزيئات مشحونة منخرطة في إنتاج الحقل. إذ تستطيع هذه الجزيئات الافتراضية بسبب قيمة طاقتها الصفرية أن تنتشر عبر الكون دون أن تختفي، كما أن الحقل واقعي جدًا لدرجة أنه يمكن الشعور به بسبب تراكب العديد منها.

أحيانًا، تكون الشروط حقيقية جدًا، ولهذا تستطيع الجزيئات الضخمة أن تختفي من الفضاء الفارغ بحصانة. فمثلًا، إذا تم احضار

لوحين مشحونين ووُضعا قريبين من بعضهما، فما إن يكتسب المجال الكهربائي قوة كافية بينهما، حتى يصبح زوج من الجزيء المضاد مهيئًا -من ناحية الطاقة- لأن «يظهر»، الجزيء من الخواء، بشحنة سالبة متجهة إلى اللوح الموجب الشحنة، وشحنة موجبة متجهة إلى اللوح السالب الشحنة. وإذ يسلك الزوج هذا المسلك، فمن المحتمل أن يكون انخفاض الطاقة المنبعثة من خفض الشحنة الكلية لكل من اللوحين -وبالتالي الحقل الكهربائي بينهما- أكبر من الطاقة المصاحبة لطاقة الكتلة الكامنة الضرورية لإنتاج جزيئين حقيقيين. وبالطبع، لا بد أن تكون قوة الحقل ضخمة لكي يصبح هذا الشرط ممكنًا.

هناك -بالفعل- مكان تسمح فيه الحقول القوية من الأنواع المختلفة بتكوّن ظاهرة مماثلة لتلك التي وصفتها للتوّ؛ لكن السبب في هذه الحالة يعود إلى الجاذبية. بسبب هذا الإدراك اشتهر ستيفن هوكنج Stephen Hawking بين صفوف الفيزيائيين عام 1974، حين بيَّن كيف يمكن أن تشع الثقوب السوداء -التي لا يفلت منها أي شيء بسبب غياب قوانين ميكانيكا الكم على الأقل- جزيئات فيزيائية.

هناك عدة سبل لفهم هذه الظاهرة، لكن إحداها ينسجم انسجامًا مذهلًا مع الموقف الذي شرحته سابقًا مع الحقول الكهربائية. وهناك، خارج لب الثقوب السوداء، قطر دائرة يسمَّى «أفق الحدث». لا يستطيع أي جسم داخله أن يفلت قياسيًا لأن سرعة الانفلات تتجاوز سرعة الضوء. لذلك، لن يستطيع الضوء المنبعث داخل هذه المنطقة الخروج من أفق الحدث.

تخيَّل الآن زوج جزيء وجزيئًا مضادًا، يشكلان نواة في الفضاء الفارغ خارج أفق الحدث تمامًا، نتيجة للتموجات الكمية في تلك المنطقة. من الممكن أن يفقد الزوج ما يكفي من طاقة الجاذبية بسقوطه

في الثقب الأسود بحيث تتجاوز هذه الطاقة ضعف الكتلة الكامنة لأي من الجزيئين، إذا وقع في نطاق أفق الحدث. ما يعني أن الجزيء الآخر يمكن أن يطير إلى ما لانهاية، ويصبح مرئيًا، دون أن ينتهك مبدأ الحفاظ على الطاقة. يتم تعويض الطاقة الموجبة الكلية المصاحبة للجزيء المشع بالطاقة، التي يفقدها شريكه الجزيء، من جرَّاء سقوطه في الثقب الأسود. ومن ثَمَّ يستطيع الثقب الأسود أن يشع جزيئات.

على أي حال، يكتسب الموقف مزيدًا من الدقة والإثارة، لأن الطاقة المفقودة مع سقوط الجزيء أكبر من الطاقة الموجبة، المصاحبة لكتلته الكامنة. ولهذا، فإنه حين يسقط في الثقب الأسود، تتمتع المنظومة الكلية للثقب الأسود -بالإضافة إلى الجزيء- بطاقة أقل مما كانا يتمتعان بها قبل سقوط الجزيء! لذلك يصبح الثقب الأسود أخف بعد أن يسقط الجزيء فيه بكمية تعادل الطاقة التي حملها الجزيء المشع الذي أفلت بعيدًا. وفي النهاية، يمكن أن يشع الثقب الأسود كلية. إننا لا نعرف ماذا يحدث عند هذه النقطة؛ لأن المراحل الأخيرة من تبخر الثقب الأسود تتضمن فيزياء على مقاييس مسافية صغيرة، بحيث لا تستطيع النسبية العامة -وحدها- أن تعطينا الإجابة النهائية. بهذه المقاييس، لا بد من تناول الجاذبية، باعتبارها نظرية ميكانيكية كمية كاملة؛ ولا يكفي فهمنا الحالي للنسبية العامة لأن يسمح لنا أن نحدِّد بدقة ما الذي سوف يحدث.

ومع ذلك، فإن كل هذه الظواهر تفيد، في ظل شروط مناسبة، ليس لمجرد أن يصبح «اللاشيء» شيئًا، بل لأنه ضروري.

ثمَّة مثال مبكِّر في علم الكون يدلل على حقيقة أن «اللاشيء» يمكن أن يكون غير مستقر؛ وهو مثال يجسِّد المجهودات التي بُذلت لفهم لماذا نعيش في كون المادة.

لعلك لا تستيقظ كل صباح طارحًا هذا السؤال، ولكن حقيقة أن كوننا يحتوي مادة هي حقيقة مذهلة. إن النقطة المذهلة -على وجه خاص- بها هي أن كوننا، على قدر ما نعرف حتى الآن، لا يحتوي على كميات جوهرية من المادة المضادة التي تذكر أنها ضرورية بالنسبة لميكانيكا الكم والنسبية، وبالتالي لكل جزيء نعرفه في الطبيعة، هناك جزيئًا مضادًا معادلًا بشحنة معاكسة وكتلة مساوية. ربما يعتقد الشخص أن أي كون عاقل في استهلاله ، قد يحتوي كميات متعادلة من كليهما. وفي النهاية، تتمتع الجزيئات المضادة للجزيئات العادية بحجم الكتلة نفسه وخواص أخرى مماثلة، فإذا كانت الجزيئات قد خلقت في الأوقات الأولى، فمن السهل على قدر المساواة خلق جزيئات مضادة.

وبصورة تبادلية، يمكن حتى أن نتخيَّل كونًا من المادة المضادة؛ حيث استبدلت كل الجزيئات التي تصنع النجوم والمجرات بجزيئاتها المضادة. وسوف يبدو مثل هذا الكون متطابقًا تقريبًا مع الكون الذي نعيش فيه. وبلا شك، كان يمكن للملاحظين في ذلك الكون (لأنهم أنفسهم مصنوعون من مادة مضادة) أن يطلقوا على ما نسمِّيه مادة مضادة اسم «مادة».. إن الاسم اعتباطي ومحض مصادفة لا أكثر.

على أي حال، لو أن الكون بدأ بداية عاقلة، بكميات متساوية من المادة والمادة المضادة، وظل الأمر على هذا النحو، فلم نكن لنسأل «لماذا» أو «كيف». وهذا لأن كل جزيئات المادة سوف تفنى مع كل جزيئات المادة المضادة في الكون المبكر، بعد أن تترك وراءها محض اشعاع فقط. كذلك لم يكن ليتبقى مادة أولا مادة مضادة لصنع النجوم أو المجرات أو العشاق أو العشاق المضادين، الذين، خلافًا لهذا، قد يستيقظون فيجدون أنفسهم في أحضان من لا يحبون، ينظرون معًا إلى مشهد سماء الليل. لن تكون هناك دراما، لأن التاريخ -حينها- سيتكون

من الفراغ؛ كما أن الحمام الإشعاعي سوف يبرد ببطء؛ إذ يؤدي في النهاية إلى كون بارد ومعتم وموحش.. سوف يسود اللاشيء.

بدأ العلماء في فهم ما يلي في سبعينات القرن الماضي: من الممكن البدء بكميات متساوية من المادة والمادة المضادة في انفجار كبير ساخن وكثيف، وأن تخلق عمليات كمية ممكنة «شيئًا من لا شيء» بأن وضعوا نموذجًا لاتناظريًا بسيطًا، مع تفوق بسيط للمادة على المادة المضادة في الكون المبكر. ثم، بدلًا من أن يحدث فناء كامل للمادة والمادة المضادة، وبالتالي فلن يتبقى سوى إشعاع خالص في يومنا هذا. فإن من الممكن أن تكون كل المادة المضادة -المتاحة في الكون المبكر- قد أفنتها المادة، باستثناء كمية صغيرة زائدة من المادة، لم تجد كمية مقابلة لها من المادة المضادة لتفنى بها، فبقيت. وهذا سوف يؤدي، حينئذ، إلى أن تصنع المادة النجوم والكواكب التي نراها في الكون اليوم.

ونتيجة لذلك، فإن ما يمكن أن نراه من ناحية أخرى إنجازًا صغيرًا (لاتناظرًا صغيرًا في الأوقات المبكرة)، قد يعتبره البعض لحظة خلق؛ فما إن ينشأ اللاتناظر بين المادة والمادة المضادة، لا يمكن فصلهما فيما بعد. كان مستقبل الكون الملئ بالنجوم والمجرات مكتوبًا في الأساس. إذ تفنى المادة المضادة مع جزيئات المادة في الكون الأولي، وتنجو الزيادة المتبقية من جزيئات المادة إلى اليوم الحالي؛ حيث تؤسس خاصية الكون المرئي الذي نعرفه ونحبه ونسكنه.

حتى لو كان اللاتناظر جزءًا من مليار، فقد تبقَّى ما يكفي من المادة، لتتسبب في كل شيء نراه في الكون اليوم. وفي الحقيقة، لقد استلزم الأمر لاتناظرًا قدره جزء من مليار بالتحديد؛ لأن هناك اليوم مليار فوتون تقريبًا في الخلفية المايكرونية الكونية لكل بروتون في الكون. إن

فوتونات إشعاع الخلفية المايكرونية الكونية هي بقايا فناء المادة- المادة المضادة المبكرة الذي حدث مع بداية الزمان.

ينقصنا حاليًا وصف نهائي لكيفية حدوث هذه العملية في الكون المبكر؛ لأننا لم نضع بعد، وصفًا كاملًا وإمبريقيًّا، للطبيعة التفصيلية للعالم المايكروفيزيقي، على سلم المقاييس، الذي نتج بها هذا اللاتناظر على الأرجح. وبغضّ النظر عن ذلك، فقد تم فحص كوكبة من السيناريوهات المحتملة المختلفة؛ بناء على أفضل الأفكار الحالية التي لدينا عن الفيزياء، على تلك المقاييس. وفي حين أنها تختلف في التفاصيل، فهي تتمتع جميعها بالمميزات العامة ذاتها. حيث يمكنها أن تقود بقسوة العمليات الكمية المصاحبة للجزيئات الأولية، في حمام ساخن أوليّ، كونًا فارغًا (أو على قدم المساواة كونًا متماثلًا، مادي- ومادي مضاد مبدئيًا) على نحو غير ملحوظ تقريبًا إلى كون تحكمه المادة أو المادة المضادة.

لو كان الأمر قد اتجه إلى أي من الاتجاهين، فهل هي إذن مصادفة أن تحكم المادة كوننا مصادفة حكمتها الظروف فقط؟ تخيَّل أنك تقف فوق قمة جبل عالٍ وتعثَّرت. لذا لم يكن الاتجاه الذي سقطت نحوه محدَّدًا بل مصادفة على الأحرى، طبقًا للاتجاه الذي كنت تنظر إليه، أو النقطة التي تعثَّرت عندها أثناء تريّضك. ربما، على قدم المساواة، حدث هذا مع كوننا، بل وعلى الرغم من أن قوانين الفيزياء ثابتة، فإن ما يحكم الاتجاه الأخير للاتناظر بين المادة والمادة المضادة، هو شرط مبدئي عشوائي (تمامًا مثل حالة التعثر من فوق الجبل؛ إن الجاذبية ثابتة وتقرِّر سقوطك، لكن ربما يكون اتجاه سقوطك مصادفة). مرة أخرى، لعل وجودنا ذاته مصادفة بيئية.

وعلى أي حال، بعيدًا عن هذه اللايقينية، هناك الحقيقة المذهلة،

التي تقول بأن مَعْلمًا من معالم القوانين الخفية للفيزياء، يمكن أن يسمح للعمليات الكمية بأن تقود الكون بعيدًا عن حالة السكون. لقد ذكَّرني الفيزيائي فرانك ولزك Frank Wilczek –الذي كان واحدًا من النظريين، الذين فحصوا واختبروا تلك الاحتمالات- أنه استخدم بالضبط اللغة ذاتها، التي استخدمتها سابقًا في هذا الفصل، في مقال له نُشر في دورية الأمريكي العلمي عام 1980، كتبها عن لاتناظر المادة- المادة المضادة في الكون. فبعد أن وصف كيف تولد لاتناظر المادة- المادة المضادة في الكون المبكِّر؛ بناء على فهمنا الجديد لفيزياء الجزيئات، أضاف ملاحظة بأن هذا يمدنا بطريقة واحدة للتفكير بإجابة السؤال عن لماذا هناك شيء ما فضلًا عن لا شيء: اللاشيء غير مستقر.

إن النقطة التي يشدِّد عليها فرانك، هي أن الزيادة المقاسة من المادة على المادة المضادة -في الكون- تبدو للوهلة الأولى عائقًا أمام تصوّر كون، كان يمكن أن ينبثق من عدم الاستقرار في الفضاء الفارغ، مع اللاشيء الذي ينتج الانفجار الكبير. لكن إذا كان يمكن أن ينبثق اللاتناظر هذا ديناميكيًا بعد الانفجار الكبير، فإن العائق ينزاح. وقد صاغها على النحو التالي:

يمكن أن يتوقع الشخص أن الكون بدأ في أكثر الحالات التناظرية الممكنة، وإن لم يكن هناك وجود للمادة في تلك الحالة؛ الكون خاوٍ. كما وجدت حالة ثانية، وبداخلها مادة. تتمتع الحالة الثانية بتناظر أقل، ولكنها أقل في الطاقة أيضًا. وظهرت في النهاية بقعة من مرحلة أقل تناظرًا ونمت سريعًا. تحرَّرت طاقة خلال تحول تجسد في خلق الجزيئات. ومن ثَمَّ يمكن مطابقة هذا الحدث مع الانفجار الكبير... وتكون الإجابة عن السؤال القديم: «لماذا هناك «شيء ما» بدلًا عن لا شيء؟»، إن «اللاشيء» غير مستقر.

على أي حال، وقبل أن أتابع، فقد تم تذكيري مرَّة ثانية بالتماثلات بين النقاش الذي طرحته توًا عن لاتناظر المادة- المادة المضادة والنقاش الذي عقدناه في ورشة عملنا الحالية، ضمن سياق «مشروع أصول»؛ لقد أقيمت هذه الورشة خصيصًا لفحص فهمنا الحالي عن طبيعة الحياة وأصلها في كوننا. كانت كلماتي مختلفة، لكن تشابهت القضايا الأساسية تشابهًا مذهلًا: ما العملية الفيزيائية النوعية التي حدثت في اللحظات الأولى من تاريخ الأرض وأدَّت إلى خلق التكاثر الأول للجزيئات البيولوجية والتمثيل الغذائي؟ وكما حدث في سبعينات القرن الماضي في مجال الفيزياء، شهد العقد الحالي تقدمًا غير مسبوق في بيولوجيا الجزيء. تعلمنا عن الطرق العضوية الطبيعية، التي يمكن على سبيل المثال أن تنتج في شروط معقولة الأحماض النووية، التي اعتُقد طويلًا أنها أسلاف عالمنا القائم على د.ن.أ (الحمض النووي الوراثي). وحتى وقت حديث ساد الاعتقاد بأن لا يحتمل العثور على طرق مباشرة، وأن هناك أشكالًا أخرى وسيطة لا بد أنها لعبت دورًا رئيسًا.

يظن الآن عدد قليل من علماء الكيمياء الحيوية والجزيئية أن الحياة يمكن أن تنبثق طبيعيًا من اللاحياة، مع أنه لم يتم اكتشاف التفصيلات المتعلقة بذلك بعد. لكن -وكما ناقشنا كل هذا- يتخلل إجراءاتنا سؤال ضمني: هل كان يجب على الحياة الأولى التي تشكَّلت على الأرض أن تتمتع بالكيمياء التي شكلتها، أم أن هناك احتمالات عديدة مختلفة حيوية، على قدم المساواة؟

سأل آينشتاين ذات مرة سؤالًا، كان هو الشيء الوحيد، كما قال، الذي أراد أن يعرفه حقًا عن الطبيعة. واعترف بأنه أكثر الأسئلة عمقًا وأصالة، يحب عديد منًا أن يعرف إجابته. لقد صاغه كما يلي: «ما أحب أن أعرفه هو ما إذا كان الله (حرفيًا) قد تمتع بخيار في خلق الكون».

لقد أبرزتُ كلمة الله لأن رب آينشتاين لم يكن هو رب الإنجيل. فبالنسبة لآينشتاين، إن وجود نظام في الكون يقدم إحساسًا بالتساؤل العميق؛ بحيث شعر بارتباط روحي معه أطلق عليه، مستلهمًا اسبينوزا لقب «الله». على كل، فإن ما قصده آينشتاين حقًا بطرح هذا السؤال، هو قضية وصفتها توًا في سياق عدة أمثلة مختلفة: هل قوانين الطبيعة فريدة؟ وهل الكون الذي نسكنه -الذي نتج عن هذه القوانين- فريد؟ لو غيرنا وجهًا واحدًا، أو ثابتًا واحدًا، أو قوة واحدة، أو مهما كان التغيير ضئيلًا، فهل ينهار الصرح كله؟ وبلغة البيولوجي: هل بيولوجيا الحياة فريدة؟ هل نحن فرادى في الكون؟ سوف نعود لمناقشة هذا السؤال المهم للغاية فيما بعد، في هذا الكتاب.

وفي حين أن هذا النقاش سيدفعنا إلى مزيد من تصفية وتكرير مفاهيم «الشيء» و«اللاشيء» وتعميمها، فإنني أود أن أعود للخطوة الوسيطة التي اتخذتها لتمهيد الطريق أمام الخلق الحتمي للشيء.

وكما تحدثنا من قبل، في هذا الكتاب، فإن «اللاشيء» الذي انبثق منه «الشيء» المرئي هو «الفضاء الفارغ». وعلى أي حال، أن نسمح بظهور ميكانيكا الكم والنسبية العامة، فإنه يمكن أن نبسط هذه الفرضية إلى الحالة، التي يصبح الفضاء ذاته مُجبرًا على الوجود.

إن النسبية العامة، بما أنها نظرية متعلِّقة بالجاذبية إلا أنها في جوهرها نظرية المكان والزمان. وكما شرحتُ في بداية هذا الكتاب، فإن هذا يعني أنها النظرية الأولى، التي استطاعت تبسيط تناول ديناميكيات الأجسام التي تتحرَّك خلال الفضاء، إلى تناول ديناميكات الفضاء ذاته وبتطوَّر.

ومع النظرية الكمية للجاذبية فهذا يعني أن قوانين ميكانيكا الكم يمكن تطبيقها على خواص الفضاء وليس فقط على خواص الأجسام التي توجد في الفضاء، كما هو في ميكانيكا الكم الكلاسيكية.

إن مد نطاق ميكانيكا الكم لتضم هذه الاحتمالية أمر خادع وصعب، ولكن المخطط الذي طوَّره ريتشارد فاينمان وأدى إلى الفهم المعاصر لأصل الجزيئات المضادة، يناسب هذه المهمة. حيث يركِّز منهج فاينمان على الحقيقة الرئيسة، التي أشرت إليها في بداية هذا الفصل وهي: تفحص المنظومات الميكانيكية الكمية كل المسارات الممكنة، حتى تلك المسارات الممنوعة قياسيًّا، أثناء نشوئها وتطوَّرها في الزمن.

طوَّر فاينمان، بهدف فحص هذا «مخطَّطات المجموع الكلي عبر المسارات Sum over paths formalism» ليضع توقعات. في هذه الطريقة نضع في حسابنا كل المسارات المحتملة، التي يمكن أن يتخذها الجزيء بين نقطتين، ثم نعيّن رقمًا وزنيًّا احتماليًا لكل مسار -بناء على مبادئ ميكانيكا الكم- ثم نحسب المجموع الكلّي للمسارات؛ من أجل تحديد التوقعات (الاحتمالية) النهائية لحركة الجزيئات.

كان ستيفن هوكنج أول عالم يفحص هذه الفكرة فحصًا كاملًا في ميكانيكا الكم للزمان- المكان (اتحاد مكاننا ثلاثي الأبعاد مع بعد الزمن، لتشكيل منظومة زمان-مكان موحدة رباعية الأبعاد، كما تطلبت ذلك نظرية النسبية الخاصة لآينشتاين). كانت ميزة منهج فاينمان في فكرة أن التركيز على كل المسارات المحتملة يعني -في النهاية- أن النتيجة يمكن أن تأتي مستقلة عن ترقيم المكان والزمان المحددين، الذين يضعهما الشخص على كل نقطة في كل مسار. وبما أن النسبية تخبرنا بأن الراصدين المختلفين الذين يتحرَّكون تحركًا نسبيًا سوف يقيسون المسافة والزمن قياسًا مختلفًا وبالتالي يعينون قيمًا مختلفة لكل نقطة في المكان والزمان، فإن وجود مخطَّط يستقل عن الترقيمات المختلفة، التي قد يعينها الراصدون المختلفون، لكل نقطة في المكان والزمان، مسألة مفيدة بشكل خاص.

ولعل ذلك يحتل أهمية أكبر في اعتبارات النسبية العامة؛ حيث يصبح الترقيم الخاص بنقاط المكان والزمان عشوائيًا تمامًا، فيقيس الراصدون المختلفون في نقاط مختلفة من مجال الجاذبية قياسًا مختلفًا المسافات والأزمنة، وكل ما يحدِّد -في نهاية المطاف- سلوك المنظومات باعتبارها كميَّات هندسية مثل الانحناء الذي يتَّضح أنه مستقل عن كل تلك الخطط المرقَّمة.

وكما أشرت عدة مرات، فإن النسبية العامة لا تتسق تمامًا مع ميكانيكا الكم، على الأقل بقدر ما نعرف، ولذلك لا يوجد منهج واضح بشكل تام، يحدِّد تقنية مجموع المسارات لفاينمان في النسبية العامة. لذلك علينا أن نضع بعض التخمينات مسبقًا، بناءً على المصداقية، ونتحقَّق من صحة النتائج ومنطقيتها.

فإذا وضعنا حينئذ في اعتبارنا ديناميكيات الكم للمكان والزمان، فإنه يجب أن يتصوَّر الشخص منَّا أن عليه أن يضع في اعتباره -مع «مجاميع» فاينمان- كل تشكل محتمل مختلف، يمكن أن يصف الهندسيات المختلفة، التي يمكن أن يتخذها الفضاء خلال المراحل الوسطية من أي عملية، حين تهيمن اللايقينية الكمية. هذا يعني أنه لا بد أن نأخذ في اعتبارنا الفضاءات ذات درجة الانحناء العالية اعتباطيًّا خلال مسافات قصيرة وأزمنة صغيرة (صغيرة وقصيرة لدرجة أننا لا نستطيع قياسها فتهيمن الغرابة الكمية[1] Quantum weirdness. ولا يمكن حينئذ رصد تلك التشكلات الغريبة، عن طريق راصدين تقليديين ضخام مثلنا حين نحاول قياس خواص المكان عبر مسافات شاسعة وأزمنة ضخمة.

ومع ذلك، دعنا نتأمَّل احتمالات أكثر غرابة. تذكَّر أن الجزيئات -في

---

(1) التفاعل بين جسمين منفصلين في الفضاء دون وجود وسيط أو آلية وسيطة مرئية.

نظرية الكم عن الحقل الإلكترومغناطيسي- يمكن أن تختفي من الفضاء الفارغ بقدر ما تشاء ما دامت أنها تختفي ثانية ضمن إطار زمني يحدِّده مبدأ اللايقينية. إنه وبقدر من التناظر: هل يجب على الشخص، ضمن المجموع الكمي الكلي لتشكلات المكان- الزمان الممكنة لفاينمان، أن يأخذ في اعتباره احتمالية الأماكن الصغيرة، والمضغوطة على الأرجح، التي تظهر وتختفي من الوجود؟ وإجمالًا، ماذا عن الأماكن التي تحوي «ثقوب» داخلها أو «نتوءات جانبية» مثل «كعكة الدونات» في المكان- الزمان؟

هذه أسئلة مفتوحة، وعلى أي حال، فإنه ما لم يتوصَّل المرء إلى سبب جيد لإقصاء تلك التشكلات من مجموع ميكانيكا الكم، والتي تحدد خواص الكون المتطور -وحتى اليوم لا علم لي بسبب جيد- فمن ثم، في سياق المبدأ العام الذي يحكم كل الأماكن الأخرى التي أعرفها في الطبيعة -أساسًا أي شيء يجب أن يحدث فعليًا لا تمنعه قوانين الفيزياء- فمن المعقول جدًا النظر بجدية إلى هذه الاحتمالات.

وكما أكَّد ستيفن هوكنج، فإن نظرية الجاذبية الكمية تسمح بخلق -وإن كان للحظة- الفضاء نفسه حيث لم يوجد من قبل. وبينما لم يحاول هوكينج في عمله العلمي تناول معضلة «شيء ما من لا شيء»، فربما هذا ما تتناوله الجاذبية الكمية في نهاية المطاف.

إن الأكوان «الافتراضية» -وبصفة أساسية، الفضاءات المضغوطة الصغيرة التي تظهر وتختفي من الوجود على مقياس زمني قصير جدًا لا نستطيع معه أن نقيسها مباشرة- هي بنيات نظرية رائعة، لكن يبدو أنها لا تشرح كيفية انبثاق «شيء» ما من «لا شيء» عبر أجل طويل أكثر مما تشرح الجزيئات الافتراضية التي تسكن الفضاء الفارغ.

على أي حال، تذكر أن الحقل الإلكتروني الحقيقي اللاصفري -الذي

يمكن رصده على مسافات ضخمة بعيدًا عن الجزيء المشحون- يمكن أن ينتج من انبعاث متسق لعديد من الفوتونات الافتراضية الصفرية الطاقة عن طريق الشحن. لأن الفوتونات الافتراضية التي تحمل طاقة صفرية لا تنتهك مبدأ الحفاظ على الطاقة حين تنبعث. ولذلك، لا يقيدها مبدأ هايزنبرج اللايقيني بضرورة أن توجد في فترات قصيرة جدًا قبل أن تُمتص ثانية وتختفي مرة أخرى إلى حالة «اللاشيء». (تذكر مرة ثانية أن مبدأ اللايقين ينص على أن حالة اللايقين التي نقيس بها طاقة الجزيء -وبالتالي احتمالية أن تتغير طاقته تغيرًا ضئيلًا بانبعاث الجزيئات الافتراضية وامتصاصها- تتناسب طرديًا مع طول الفترة الزمنية التي نقضيها في ملاحظته. لذلك، يمكن أن تفعل هذا بحصانة الجزيئات الافتراضية ذات الطاقة الصفرية؛ التي يمكن أن توجد اعتباطيًّا لفترات طويلة وتسافر بعيدًا قبل أن تمتص... إذ تؤدي بهذا إلى احتمالية وجود تفاعلات طويلة المدى بين الجزيئات المشحونة. لو أن الفوتون يتمتع بكتلة، فالفوتونات تحمل دائمًا طاقة لاصفرية بسبب الكتلة الكامنة، لاقتضى مبدأ اللايقين بأن يكون الحقل الكهربائي قصير المدى؛ لأن الفوتونات يمكن أن تنتشر لفترة قصيرة فقط دون أن تمتص مرة ثانية).

ثمَّة فرضية مماثلة تطرح أنه من الممكن أن يتصور الشخص نوعًا محدَّدًا من الأكوان يظهر عفويًا ولا يحتاج إلى أن يختفي مباشرة تقريبًا بعد ذلك بسبب قيود مبدأ اللايقين والحفاظ على الطاقة. وبصورة أساسية، ينطبق ذلك على الكون المندمج، الذي يساوي إجمال طاقته صفرًا.

عند هذه النقطة، ليس هناك شيء أحب إلي نفسي أكثر من أن أطرح أن هذا بالضبط هو الكون الذي نعيش فيه. وسوف يكون هذا مهربًا سهلًا، لكني معني -هنا- أكثر بتقديم طرح حقيقي لفهمنا الحالي عن الكون بدلًا من أن أعرض حالة سهلة ظاهريًا ومقنعة عن خلقه من لا شيء.

ناقشت -على نحو مقنع كما آمل- أن متوسط طاقة الجاذبية النيوتونية لكل جسم في كوننا المسطح صفر، وهي كذلك. لكن هذه ليست القصة كلها. إذ إن طاقة الجاذبية ليست الطاقة الكلية لأي جسم. لذا لا بد أن نضيف إليها طاقته الكامنة، التي تصاحب كتلته الكامنة. وبصيغة أخرى -كما وصفت سابقًا- تنفصل طاقة الجاذبية التي يتمتع بها الجسم في سكونه عن الأجسام الأخرى بمسافة لانهائية تساوي صفرًا، لأنه في حالة سكونه، لا يتمتع بطاقة حركية، وفي حالة بعده اللانهائي عن الجزيئات الأخرى، سوف تساوي طاقة الجاذبية التي يحملها بسبب الجزيئات الأخرى، والتي يمكن أن تمده بطاقة احتمالية على العمل- تساوي صفرًا أيضًا. من ناحية أخرى، وكما قال لنا آينشتاين، فإن طاقته الكلية لا تُعزى إلى الجاذبية فقط، بل تشمل الطاقة المصاحبة لكتلته، فتكون كما في معادلته المشهورة ط = ك.س^2 ($E=mc^2$)

من أجل حساب هذه الطاقة الكامنة، علينا أن نتحرك من الجاذبية النيوتونية إلى النسبية العامة، التي، تدمج -أساسًا- آثار النسبية الخاصة و(ط = ك. س^2) في نظرية الجاذبية. وهنا تصبح الأمور أكثر عسرًا وإرباكًا. على سلم المقاييس الصغيرة، مقارنة بالانحناء المحتمل للكون، وطالما أن الأجسام تتحرك ضمن تلك المقاييس ببطء مقارنة بسرعة الضوء، فإن نسخة النسبية العامة للطاقة ترتد إلى التعريف الذي نعرفه من نيوتن. من ناحية ثانية، فما إن تتفكك تلك الشروط، حتى تتفكك الصورة.

إن أحد جوانب المشكلة هي أنه اتضح لنا أن الطاقة التي نعرفها في مجالات أخرى في الفيزياء ليست مفهومًا واضح التعريف على وجه الخصوص على سلم المقاييس الضخمة في الكون المنحني. إذ يمكن أن تؤدي الطرق المختلفة في تعريف المنظومات الإحداثية، من أجل وصف الأرقام المختلفة، التي يمكن أن يعينها الراصدون لنقاط

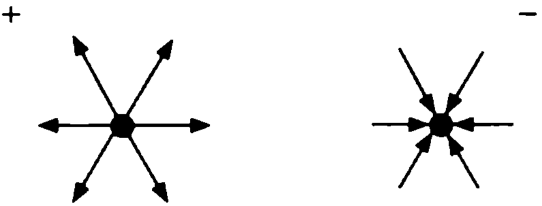
في المكان والزمان (تسمَّى «أطر مرجعية» مختلفة) يمكن أن تؤدي إلى تحديدات مختلفة للطاقة الكلية للمنظومة، على سلم المقاييس الضخمة. ومن أجل ملاءمة هذا الأثر، يجب تعميم مفهوم الطاقة، وبالإضافة إلى ذلك، فإننا إذا كنا بصدد تعريف الطاقة الكلية التي يحتويها الكون، فلا بد أن نأخذ في اعتبارنا كيف نضيف الطاقة التي يمكن أن تكون لامتناهية مكانيًا في الكون.

يدور جدل كبير حول كيفية أن نفعل هذا بالضبط. إذ إن الأدبيات العلمية مشبعة بالحجج والحجج المضادة، في هذا الشأن.

وعلى أي حال، فإن هناك نقطة واحدة أكيدة مؤداها أن هناك كونًا واحدًا تساوي الطاقة الكلية فيه نهائيًا وتحديدًا «صفر». هذا الكون -من ناحية ثانية- ليس الكون المسطَّح اللامتناهي مكانيًا، فيصبح حساب طاقته الكلية مشكلة. إنه كون مغلق، كون تكفي كثافة المادة والطاقة فيه إلى أن تجعل الفضاء ينغلق على نفسه. وكما وصفت، فإنك لو نظرت بعيدًا بما يكفي في كون مغلق في اتجاه واحد فسوف ترى في النهاية مؤخرة رأسك!

إن السبب في أن طاقة الكون المغلق تساوي صفرًا بسيط نسبيًا. من الأسهل أن نأخذ في الاعتبار النتيجة بموازاتها مع حقيقة أن الشحنة الكهربائية الكلية -في كون مغلق- لا بد أن تساوي صفرًا.

نعتقد منذ مايكل فاراداي Michael Farady أن الشحنة الكهربائية هي مصدر المجال الكهربائي (يعود ذلك إلى المصطلح الكَمّي المعاصر لانبعاث الفوتونات الافتراضية، التي وصفتها في ما سبق). ومن الناحية التصويرية فإننا نتخيلها، «خطوطًا حقلية» تنبعث إشعاعيًا من الشحنة، مع عدد من الخطوط الحقلية التي تتناسب مع الشحنة، وتتجه الخطوط الحقلية الموجبة إلى الخارج والسالبة إلى الداخل، كما هو مبين أدناه:



نتصور أن هذه الخطوط الحقلية تتجه إلى الخارج إلى ما لانهاية، وبينما تنتشر فإنها تبتعد أكثر عن بعضها. وهذا يعني أن قوة الحقل الكهربائي تضعف أكثر وأكثر. وعلى أي حال، فإنه في كون مغلق، قد تبدأ الخطوط الحقلية ذات الشحنة الموجبة، على سبيل المثال في الانتشار بعيدا، ولكن ستتجمع في النهاية الخطوط ذات الشحنة الموجبة معًا مرة ثانية في الناحية البعيدة من الكون مثل خطوط الطول على خريطة الكوكب الأرضي والتي تتجمع عند القطب الشمالي والقطب الجنوبي. وحين تتجمَّع هذه الخطوط معًا في نقطة واحدة، فإن الحقل سوف يقوى أكثر وأكثر مرة أخرى حتى يصبح متمتعًا بطاقة تكفي لخلق شحنة سالبة، يمكن أن «تأكل» خطوط الحقل عن هذه النقطة المقابلة للقطب من الكون.

تخبرنا حجة مماثلة -في هذه الحالة لا ترتبط بـ «دفق» خطوط الحقل، بل بـ «دفق» الطاقة في الأكوان المغلقة- أن الطاقة الموجبة الكلية، التي تشمل تلك المصاحبة لكتل الجزيئات الكامنة، لا بد أن تقابلها طاقة جاذبية سالبة؛ بحيث تصبح الطاقة الكلية صفرًا بالضبط.

إذن لو أن الطاقة الكلية للكون المغلق تساوي صفرًا، ومخططات المجموع الكلي للمسارات في الجاذبية الكمية مناسب، فمن الممكن إذن، أن تظهر ميكانيكية الكم لهذه الأكوان عفويًا بحصانة، دون أن تحمل طاقة صافية. أريد أن أؤكد أن تلك الأكوان سوف تكون مستقلة المكان-الزمان، ومنفصلة عن بعضها.

ومهما يكن من أمر فإن هناك مشكلة. ذلك أن كونًا مغلقًا متمدِّدًا مملوءًا بالمادة سوف يتمدَّد عامة إلى أقصى حجم ثم ينهار مرة ثانية بالسرعة نفسها التي تمدَّد بها، منتهيًا إلى فرادة مكانية- زمانية حيث لن تستطيع أرض الجاذبية الكمية المجهولة -في الوقت الحاضر- أن تخبرنا كيف سيكون مصيره النهائي. بناءً عليه، سوف يكون العمر المميز للأكوان المغلقة الصغيرة ميكروسكوبيًا، ربما على سلم مقياس «زمن بلانك Planck time»؛ المقياس المميز الذي يجب أن تعمل وفقًا له عمليات الجاذبية الكمية، يساوي 10 أس سالب 44 ثانية، أو ما نحو ذلك.

على أي حال فإن هناك مخرجًا من هذه المعضلة. إذا أنتج تماثل الحقول، قبل أن ينهار مثل هذا الكون، فترة من التضخم، فمن الممكن أن يتمدَّد سريعًا وتصاعديًا كون مغلق صغير حتى، ليقترب أكثر وأكثر من أن يصبح كونًا مسطحًا ضخمًا ضخامة لا نهائية خلال تلك الفترة. بعد مائة مرة أو ضعفها من هذا التضخم، يقترب الكون من كون مسطح، فيمكن أن يبقى، بسهولة، فترة أطول كثيرًا من الفترة التي عاشها كوننا دون أن ينهار داخليًا.

هناك احتمالية أخرى في الحقيقة، احتمالية طالما أثارت في داخلي وميضًا خافتًا من الحنين إلى الماضي (والحسد)؛ لأنها تمثل خبرة تعليمية مهمَّة لي. حين كنت باحثًا لما بعد الدكتوراه في هارڤارد، كنت ألعب بميكانيكا كَمّ حقول الجاذبية، وخرجت بنتيجة مثمرة على يد صديق جيد من الجامعة إيان أفليك Ian Affleck. كان صديقي كنديًّا تخرَّج في جامعة هارڤارد حين كنت في معهد ماساتشوستس للتكنولوجيا MIT، ثم التحق أفليك بجمعية الرفاق Society of Fellows قبل سنوات على التحاقي بها واستخدم النظرية الرياضية لفاينمان، التي نستخدمها حاليًا

في التعامل مع الجزيئات الأولية وحقول الطاقة، وتسمَّى نظرية الحقل الكمي، لحساب كيف يمكن أن تُنتج الجزيئات ومضادات الجزيئات في حقل مغناطيسي قوي.

لقد أدركتُ أن صيغة الحل الذي وضعه أفليك، شيء ما يسمَّى «instanton أو الجزيء المزيف» تتشابه إلى حدٍّ كبير مع كون متضخم لو طبق منهج مخططات المسارات على حالة الجاذبية. لكنه بدا كونًا متضخِّمًا بدأ من لا شيء! وقبل أن أقدر هذه النتيجة أردت معالجة ارتباكي الخاص بشأن كيف أفسر الفيزياء المقابلة لهذا الحل الرياضي. وسرعان ما أدركتُ -على أي حال- أنه أثناء تأملي لهذا الحل، كان هناك في آخر الشارع بالضبط، عالِم الأكوان المبدع -الذي ذكرته قبلًا- أليكس فلينكن، الذي أصبح صديقًا منذ ذلك الحين- كان قد كتب بحثًا يصف فيه على هذا المنوال -بالضبط- كيف يمكن أن تخلق الجاذبية الكمية كونًا متضخِّمًا مباشرة من لا شيء. لقد تعرَّضت للقرصنة، لكني لم أنزعج إلى هذا الحدِّ، لأنني (أ) لم أفهم بصراحة تفصيليًا في تلك المرحلة ما الذي كنت أفعله؛ و(ب) تمتع أليكس بالشجاعة ليقترح شيئًا لم يكن لديَّ في ذلك الوقت. تعلمت منذ ذلك الوقت أنه لا يجب على الشخص أن يفهم كل تضمينات عمله لينشره. وبالفعل، فهناك عدد من أهم أبحاثي التي فهمتها فهمًا كاملًا جيدًا بعد أن كتبتها.

على أي حال، بينما قدم ستيفن هوكنج ومساعده جيم هارتل Jim Hartle خطة مختلفة جدًا في محاولة لتحديد «الشروط الحدية Boundary Conditions» في الأكوان التي يمكن أن تبدأ من «لا شيء» على الإطلاق، فإن الحقائق المهمة هي ما يلي:

1. في الجاذبية الكونية، يمكن أن تظهر الأكوان، وسوف تظهر بالفعل عفويًا، من «اللاشيء». لا تحتاج هذه الأكوان إلى أن تكون فارغة،

بل يمكنها أن تحتوي مادة وإشعاعًا، طالما أن الطاقة الكلية -بما فيها الطاقة السالبة المصاحبة للجاذبية- تساوي صفرًا.

2. من أجل أن تدوم الأكوان المغلقة التي يمكن أن تكون قد خُلقت عبر تلك الآليات مدة أطول من الفترات المتناهية الصغر، فإنه من الضروري حدوث شيء ما شبيه بالتضخم. ونتيجة لهذا، فإن الكون الطويل العمر الوحيد الذي يمكن أن يتوقع الشخص أن يعيش فيه نتيجة لهذا السيناريو، هو الكون الذي يبدو مسطحًا اليوم، مثلما يبدو تمامًا الكون الذي نعيش فيه.

إن الدرس واضح: يبدو أن الجاذبية الكمية لن تسمح للأكوان بأن تُخلق من «لا شيء» فقط- بمعنى، غياب المكان والزمان، في هذه الحالة- بل إنها كذلك ضرورة. إن «اللاشيء»-في هذه الحالة لامكان، لا زمان، لا شيء!- غير مستقر أو غير ثابت.

علاوة على ما سبق، فإنه من المتوقَّع أن تكون الخواص العامة لهذا الكون -إذا استمر فترة طويلة- هي تلك الخواص التي نرصدها في كوننا اليوم.

هل هذا يثبت أن كوننا بزغ من «لا شيء»؟ بالطبع لا. إلا أن ذلك يخطو بنا خطوة هائلة إلى الأمام، قريبًا من احتمالية حدوث هذا السيناريو، ويزيل اعتراضًا آخر من الاعتراضات، التي علت أمام حجة الخلق من «لا شيء» كما وصفتها في الفصل السابق.

إن «اللاشيء» يعني الفضاء الفراغ والسابق على الوجود، مرتبطًا بقوانين ثابتة ومعروفة للفيزياء. لقد زالت الآن ضرورة المكان.

لكن، وللروعة، كما سوف نناقش تاليًا، لم تكن قوانين الفيزياء حتى ضرورية أو مطلوبة.

الفصل الحادي عشر

عوالم جديدة شجاعة

«كان أحسن الأزمان، وكان أسوأ الأزمان».

تشارلز ديكنز- قصة مدينتين

إن المشكلة الرئيسة التي تشوب تصوُّر الخلق هي أنه يبدو في حاجة إلى شيء ما خارجي؛ شيء ما من خارج المنظومة ذاتها، يوجد مسبقًا؛ من أجل خلق الشروط الضرورية للمنظومة لكي توجد. وهذا غالبًا المكان الذي يظهر فيه مفهوم الله- قوة خارجية ما توجد منفصلة عن المكان والزمان، وعن الواقع الفيزيائي في حد ذاته، لأنه يبدو أن من الضروري إلقاء المسؤولية على شيء ما. لكن الله يبدو في هذا المعنى بالنسبة لي حلًا دلاليًا بسيطًا إلى حدٍّ ما لمسألة الخلق العميقة. وأعتقد أن هذا يتضح أكثر في سياق مثال مختلف قليلًا: أصل الأخلاق، الذي تعلمته أولًا من صديقي ستيفن پينكر Steven Pinker.

هل الأخلاق خارجية ومطلقة أم أنها مستقاة من سياق بيولوجيتنا

وبيئتنا فقط؟ وبالتالي، هل يمكن للعلم أن يحدِّدها؟ خلال نقاش عُقد حول هذا الموضوع، نظّمته جامعة ولاية أريزونا أشار بينكر إلى المعضلة التالية:

إذا احتجَّ الشخص، كما هو شأن عديد من المتدينين، أن من دون الله لا يمكن أن يكون هناك بالتالي صواب وخطأ -بمعنى آخر، أن الله يحدِّد لنا ما الصواب وما الخطأ- فإنه يمكن إذن أن يسأل الشخص السؤال التالي: ماذا لو أن الله نصَّ على أن الاغتصاب والقتل مقبولان أخلاقيًا؟ هل هذا يجعلهما مقبولين؟

في حين أن البعض يمكن أن يجيب بنعم، أعتقد أن معظم المؤمنين قد يقولون لا، لا يمكن أن يسن الله شيئًا مثل هذا. لكن لم لا؟ لأنه كما يبدو أن الله لديه عقل ما يجعله لا يسن مثل هذا الحكم. وهذا لأنهم يفترضون، مجدَّدًا، أن العقل يفيد بأن الاغتصاب والقتل ليسا مقبولَيْن أخلاقيًا. لكن لو أن الله عليه أن يلجأ إلى حجة عقلية، فلم لا يمحُ الإنسان الوسيط تمامًا؟

لعلنا نرغب في أن نطبِّق على صورة الخلق الكوني استدلالًا مشابهًا. تشتمل كل الأمثلة التي قدمتها -حتى الآن- على خلق «شيء ما» مما يستهوي الشخص أن يعتبره «لا شيء»، ولكن قوانين الخلق؛ أي قوانين الفيزياء، مقدَّرة. من أين تأتي القوانين؟

هناك احتمالان. إمَّا أن الله، أو كائنًا ما إلهيًا ليس مقيَّدًا بالقوانين، يعيش خارجها، يحدِّدها -إمَّا نزوة أو عن فكرة ماكرة خطرت له عقب الخلق-، أو تنبثق عن آلية ما خارقة للطبيعة أقل قوة.

إن المشكلة التي تكمن في أن الله يحدِّد القوانين، هي أنه يمكن أن تسأل على الأقل، ما ومن حدَّد قوانين الله. تقليديًا، تكون الإجابة عن هذا هي أن تقول إن الله، من بين صفاته الرائعة العديدة الأخرى

للخالق، أنه هو علة العلل، بأسلوب الكنيسة الكاثولوكية الرومانية، أو العلة الأولى (طبقا للأكويني)، أو بلغة أرسطو تحريك المحرِّك الأول.

ومن المثير للانتباه أن أرسطو أدرك مشكلة العلة الأولى، وقرر أنه نتيجة لهذا الإدراك، فإن الكون يجب أن يكون أبديًا. بالإضافة إلى ذلك، فإن الله ذاته، الذي عرَّفه بالفكر الخالص المستغرق ذاتيًا[1] pure self-absorbed thought؛ الحب الذي يلهم المحرِّك الأول ليتحرَّك، لا بد أنه أبدي، لا يسبب الحركة بخلقها، بل بترسيخ الهدف النهائي للحركة، الذي قدر أرسطو ذاته أن لا بد أنها أبدية.

شعر أرسطو أن معادلة العلة الأولى مع الله غير مرضية تمامًا، بحيث تصدع في الحقيقة التصور الأفلاطوني عن العلة الأولى، خاصة لأن أرسطو شعر بأن كل علة لا بد أن تسبقها علة ما؛ ومن هنا ضرورة أن يكون الكون أبديًا. بدلًا عن هذا، فإنه لو تبنَّى الشخص منظور أن الله علة العلل، وبالتالي أبديّ حتى لو لم يكن هذا حال كوننا، فسوف تنتهي فعليًا سلسلة الرد بالمحال reductio ad absurdum لسؤال «لماذا»، لكن وكما أكدت ضرورة حساب تقديم كينونة كلية القدرة، وأنها مسألة رائعة، لأنه ببساطة، لا دليل آخر.

في هذا السياق، هناك نقطة أخرى مهمة تحتاج إلى التأكيد. حيث إن الضرورة المنطقية الواضحة للعلة الأولة هي مسألة حقيقية بالنسبة لأي كون له بداية. لذلك، فإنه على أساس المنطق وحده، لا يستطيع الشخص أن يستثني رؤية لاهوتية للطبيعة مثل هذه. لكن حتى في وجود هذه الحالة، فإنها مسألة حيوية أن ندرك أن هذا الإله لا يحمل صلة منطقية بالآلهة الشخصانية في أديان العالم العظيمة، بغضّ النظر عن

---

(1) معجم الفلسفة لمراد وهبة وجميل صليبا.

حقيقة أنه يُستخدم أحيانًا لتبريرها. إن الشخص المؤمن بالربوبية، الذي يجبر على البحث عن عقل كلي/ ذكاء كلي ما لتأسيس نظام في الطبيعة، لن ينقاد إلى الله الشخصي في الكتب المقدسة بالمنطق ذاته.

لقد نُوقشت هذه المسائل وتمت المجادلات حولها لآلاف السنوات بوساطة عقول لامعة وغير لامعة، حيث إن عديدًا من تلك الأخيرة تكسب قوت يومها بالجدل حول هذه المسائل، ونستطيع أن نعود إلى تلك المسائل الآن لأننا ببساطة أفضل علمًا بمعرفتنا عن طبيعة الواقع الفيزيائي. لم يعرف أرسطو ولا الأكويني عن وجود مجرتنا، أو الانفجار الكبير أو مكانيكا الكم. ومن ثَمَّ، لا بد من تفسير المسائل التي تشابكوا فيها مع فلاسفة القرون الوسطى المتأخرين، وضرورة فهمها في ضوء معرفتنا الجديدة.

فكِّر، في ضوء صورتنا المعاصرة عن علم الكون -على سبيل المثال- في طرح أرسطو بأنه لا توجد علل أولى، أو بالأحرى، تعود العلل بالفعل إلى الوراء (وإلى الأمام) بلانهاية، بعيدًا في كل الاتجاهات. لا بداية، لا خلق، لانهاية.

لذلك حين شرحتُ كيف يمكن دائمًا أن يأتي شيء ما من «لا شيء»، ركَّزت إمَّا على خلق شيء ما من فضاء فارغ سابق الوجود، أو على خلق فضاء فارغ من لا مكان إطلاقًا. وكل من الشرطين المبدئيين صحيح، حين أفكر في «غياب الوجود» ولذلك فإنهما مساهمان محتملان إلى اللاشيئية. وعلى أي حال فإنني لم أتناول تناولًا مباشرًا مسائل ما يمكن أن يكون قد وجد، لو وجد، قبل هذا الخلق، وما القوانين التي حكمت الخلق، ولم أناقش ما قد يراه البعض قضية العلة الأولى. إن الإجابة البسيطة، وهي بالطبع: إن الفضاء الفارغ أو اللاشيء الجوهري، الذي يمكن أن يكون انبثق منه الفضاء الفراغ، موجود مسبقًا وأبدي. وعلى

أي حال كذلك، وللإنصاف، فإن هذا قد يثير السؤال المحتمل، الذي قد لا يمكن الاجابة عنه، السؤال عن الذي ثبّت القوانين التي تحكم هذا الخلق، لو أن هناك شيئًا من هذا القبيل.

على أي حال، إن هناك شيئًا واحدًا مؤكّدًا، أنه لا يوجد أساس في العلم لـلقانون الميتافيزيقي: «لا يخرج شيء من لا شيء» والذي يعده هؤلاء الذين تناقشت معهم في قضية الخلق درعًا لهم. إن حجتهم بأنه بديهي، ثابت لا يتزعزع، ولا جدال فيه، مثل الحجة التي طرحها داروين، تلك الحجّة المزيَّفة حين طرح أن أصل الحياة يقع في ما وراء نطاق العلم قياسًا على الزعم الخاطئ بأن المادة لا تُستحدث ولا تَفْنَى. إن كل ما يمثله هذا، هو عدم الرغبة، وفقد الإرادة في إدراك حقيقة بسيطة مؤداها أن الطبيعة قد تكون أذكى من الفلاسفة وعلماء اللاهوت.

بالإضافة إلى ما سبق، يبدو أن أولئك الذين يطرحون حجة أن «لا شيء» يخرج من «لا شيء» راضون تمامًا بالتصوُّر الرومانسي بأن الله يمكن أن يلتف حول هذا على نحو ما. ولكن مرة أخرى، لو أن المرء يعرِّف «اللاشيء» الحقيقي بأنه ما لا يُحتمل أن يوجد من الأصل، فإن الله لن يستطيع أن يمارس معجزاته؛ لأنه لو تسبب في الوجود من اللاوجود، فلا بد أن تكون احتمالية الوجود قائمة. إن الحجة بأن الله يستطيع أن يفعل ما لا تستطيعه الطبيعة هو اقتراح لحجة أن الاحتمالية الخارقة للطبيعة للوجود تختلف نوعًا ما عن الاحتمالية الطبيعية المنظمة للوجود. ولكن هذا يبدو تمييزًا دلاليًا اعتباطيًا صمَّمه هؤلاء الذين قرَّروا مسبقًا (كما اعتاد علماء اللاهوت أن يفعلوا) أنه لا بد أن هناك قوة ما وراء الطبيعة (الله) فحدَّدوا أفكارهم الفلسفية (التي تنفصل تمامًا مرة أخرى عن أي أساس إمبريقي) لإقصاء أي شيء إلا احتمالية الإله.

على أي حال، فإن فرضية الإله التي تحل هذه المعضلة، تزعم غالبًا،

كما أكدت مرات عديدة حتى الآن، ضرورة أن يوجد ذلك الإله خارج الكون وأن يكون إمَّا لازمني أو أبدي.

إن فهمنا المعاصر للكون يمدنا باحتمالية أخرى، ولعلي، من ناحية ثانية، أناقش هنا حلًا أكثر فيزيائية بكثير لهذه المشكلة، إذ يتمتع ببعض من الملامح ذاتها لخالق خارجي؛ وفوق هذا فإنه -منطقيًا- أكثر اتساقًا.

إنني أشير هنا إلى الأكوان المتعددة. إن احتمالية أن كوننا واحد من مجموعة ضخمة ولانهائية، من أكوان متميزة عن بعضها ومنفصلة مصادفة، قد يختلف في كل منها أي عدد من الأوجه الأساسية للواقع الفيزيائي- تفتح الباب أمام احتمالية جديدة عريضة لفهم وجودنا.

وكما ذكرت من قبل، فإن إحدى التضمينات الكريهة لتلك التصورات -ولكنها تحمل بذرة الحقيقة- هي أن الفيزياء -عند مستوى جوهري معين- علم بيئي محض. (أجد هذا كريهًا؛ لأني نشأت على فكرة أن هدف العلم هو شرح لماذا يجب أن يكون الكون على ما هو عليه وكيف أصبح ذلك. فإذا كانت قوانين الفيزياء -كما نعرفها- مجرَّد مصادفات مرتبطة بوجودنا، فالهدف إذن خاطئ. ومع ذلك، فإنني سوف أتجاوز تحيزي لو اتضح أن الفكرة صحيحة). في هذه الحالة، لن يتجاوز مدى جوهرية القوة الأساسية، والثوابت في الطبيعة، مدى جوهرية المسافة بين الأرض والشمس. إننا نجد أنفسنا نعيش على كوكب الأرض وليس على المريخ، وذلك ليس لأن هناك شيئًا ما عميقًا وجوهريًا في المسافة بين الأرض والشمس، بل لأن لو كان كوكب الأرض على مسافة مختلفة من الشمس، لما كانت الحياة لتنشأ كما نعرفها وما كانت لتتطوَّر على كوكبنا.

إن تلك المجادلات الإنسانية اشتهرت بأنها زلقة، ومن المستحيل تقريبًا أن نبني عليها توقعات محدَّدة من دون أن نعرف معرفة واضحة كلًا من توزيع احتمالات القوة، والثوابت الجوهرية المتنوعة بين كل

الأكوان المحتملة؛ أعني، التي -بتلك الثوابت- يمكن أن تختلف، أو لا تختلف، وما القيم المحتملة والأشكال التي يمكن أن تتخذها- وأن نعرف كذلك إلى أي مدى نحن «نموذجيين» بالضبط في كوننا، فلو أننا لسنا أشكالًا/ صيغًا حياتية «نموذجية»، فربما يستند الانتقاء الإنساني، إذا حدث أساسًا، إلى عناصر تختلف عن تلك العناصر التي نعزو إليها الأمر من جهة أخرى.

ومع ذلك، تغير الأكوان المتعدِّدة، سواء في شكل مشهد طبيعي من الأكوان الموجودة في كوكبة من الأبعاد الإضافية، أو في شكل مجموعة متوالدة لانهائيًا احتماليًا من الأكوان في فضاء ثلاثي الأبعاد، في حالة وجود التضخم الأبدي- أدى إلى تغير ملعب تفكيرنا في خلق كوننا، والشروط الضرورية لكي يحدث ذلك.

في المقام الأول، فإن سؤال: ما الذي حدد قوانين الطبيعة، التي سمحت بأن يتشكَّل كوننا وينشأ ويتطوَّر، يصبح الآن أقل أهمية. لو أن قوانين الطبيعة في حد ذاتها عشوائية واعتباطية، فلا مكان إذن لـ«عِلّة» إلزامية لكوننا. وتحت المبدأ العام بأن كل ما هو ليس محظورًا فهو مباح، نضمن، في تلك الصورة، أن كونًا ما سوف ينبثق بالقوانين التي اكتشفناها. لا ضرورة لوجود آلية وكينونة لترسيخ قوانين الطبيعة بالكيفية التي نعرفها بها، والتي قد تكون أي شيء تقريبًا. وبما أننا لسنا على علم -في الوقت الحاضر- بنظرية أساسية تشرح الخاصية التفصيلية لمشهد الأكوان المتعددة، فإننا لن نستطيع أن نحسم ذلك. (ومع ذلك، فإنه للإنصاف، ولتحقيق أي تقدم علمي في حساب الاحتمالات، نفترض عامة أن هناك خواص محدَّدة مثل ميكانيكا الكم، تتخلل كل الاحتمالات. لا أعرف إن كان من المفيد التخلي عن هذا التصور، ولا علم لدي بأي عمل منتج في هذا المضمار).

في الحقيقة قد لا توجد أي نظرية أساسية على الإطلاق. على الرغم من أنني أصبحت فيزيائيًا لأنني تمنيت وجود مثل هذه النظرية، ولأنني أملت في أن أساعد يومًا ما في المساهمة في اكتشافها، فربما كان أملًا في غير موضعه، كما بكيت عليه تمامًا. أجد عزائي في تصريح لريتشارد فاينمان لخَّصته موجزًا من قبل، ولكنني أريد أن أضعه بصورته الكاملة هنا:

يقول الناس لي: «هل تبحث عن القوانين النهائية للفيزياء؟». لا. إنني لا أبحث عن تلك القوانين، وإنما أبحث لكي أعرف أكثر عن العالم، فإذا اتضح أن هناك قانونًا نهائيًا بسيطًا يشرح كل شيء، فليكن. سوف يكون اكتشاف هذا جميلًا جدًا. لو اتضح أن الأمر يشبه البصلة ذات ملايين الطبقات الرقيقة، وحل بنا التعب والضجر من جرَّاء البحث في كل طبقة منها، فهذا هو الحال إذن... إنني مهتم بالعلم لكي أعرف ببساطة المزيد عن العالم، وكلما زادت معرفتي أجده أفضل. إنني أحب أن أعرف.

يمكن أن ينقل الشخص الجدل إلى أبعد من هذا، وفي اتجاهات مختلفة، تعكس تضمينات مجادلات في جوهر هذا الكتاب. كما يمكن أن يحتوي أي نوع من أنواع الأكوان المتعددة، التي ناقشتها على عدد لا نهائي من المناطق، كبيرة جدا أو متناهية الصغر؛ حيث تحتوي على «لا شيء» ببساطة، ويمكن أن تحتوي على مناطق تحتوي على «شيء ما». في هذه الحالة، تصبح الإجابة عن «لماذا هناك شيء ما بدلًا عن لا شيء» تافهة تقريبًا: هناك شيء ما لأنه ببساطة لو لم يكن هناك شيء، فلم نكن لنجد أنفسنا نعيش هنا!

إنني أدرك الإحباط المتأصِّل في مثل هذه الإجابة التافهة على ما بدا سؤالًا عميقًا جدًا خلال العصور السابقة. ولكن العلم يقول لنا إن أي شيء عميق أو تافه، يمكن أن يختلف جذريًا عمَّا اعتقدناه للوهلة الأولى.

إن الكون أكثر غرابة وأكثر ثراء -غريبًا مبهرًا- مما يمكن أن يتوقعه

خيالنا الإنساني الفقير. لقد دفعنا علم الكون المعاصر إلى أن نضع في حسباننا أفكارًا لم تكن قد صيغت حتى من قرن مضى. إن اكتشافات القرن العشرين والواحد والعشرين لم تغيِّر العالم الذي نعمل فيه فحسب، بل كانت سببًا في تغيير جذري، حدث لفهمنا للعالم -أو العوالم- الذي يوجد، أو لعله يوجد، تحت عيوننا مباشرة: الواقع الكامن مختبئًا حتى نتمتع بالشجاعة الكاملة للبحث عنه.

لهذا السبب، يعجز علم اللاهوت والفلسفة -في نهاية المطاف- عن أن يتناولا -في حد ذاتهما- الأسئلة الأساسية حقًا التي تصيبنا بالحيرة بشأن وجودنا. وإلى أن نفتح عيوننا وتقرِّر الطبيعة، فإننا محاصرون بالتخبُّط بسبب قصر نظرنا.

لماذا هناك «شيء ما» بدلًا عن «لا شيء»؟ ربما لا يتمتع هذا السؤال -في نهاية المطاف- بأي أهمية أو عمق أكثر من السؤال عن لماذا بعض الأزهار حمراء والأخرى زرقاء. ربما يخرج «شيء ما» دائما من لا شيء. لعله ضروريًا ومستقلًا عن الطبيعة الخفية للواقع؛ أو ربما «شيء ما» ليس خاصًا جدًا أو ربما حتى شائع جدًا في الأكوان المتعددة. أيا ما كان الأمر، فإن المفيد حقًا ليس تأمل هذا السؤال والتفكر فيه، وإنما الأحرى المشاركة في رحلة الاكتشاف المثيرة، التي يمكن أن تميط اللثام عن كيفية نشأة الكون الذي نعيش فيه وتَطوره والعمليات التي تحكم إجرائيًا وجودنا. لهذا السبب لدينا العلم. ربما نعزِّز هذا الفهم بالتأمُّل، ونسمِّى ذلك فلسفة. سوف نكتسب حقًا فهمًا مفيدًا عن مكاننا في الأكوان، إذا واصلنا فقط فحص كل ركن، وكل شق في الكون نستطيع الوصول إليه.

قبل أن أصل إلى الخاتمة أو الخلاصة، أريد أن أبرز وجهًا أخر من هذا السؤال لم ألمسه، ولكنه يصعقني بحيث يستحق أن أختم به. ينطوي سؤال «لماذا هناك شيء ما بدلًا من لا شيء» التوقع الذي يتضمَّن مذهب

الأنا الوحدية بأن «شيئًا ما» سوف يستمر؛ أن الكون على نحو ما «تقدَّم» إلى نقطة وجودنا، كما لو أننا ذروة الخلق. إن الأرجح -بناء على كل ما نعرفه عن الكون- هو احتمالية أن المستقبل، ربما المستقبل اللانهائي، هو ذلك الذي يهيمن فيه مرة أخرى «اللاشيء».

لو أننا نعيش في كون تهيمن عليه طاقة اللاشيء، كما وصفت، فإن المستقبل كئيب حقًا. سوف تصبح السماوات باردة ومعتمة وفارغة. ولكن الموقف أسوأ حقًا. إن الكون الذي تهيمن عليه طاقة فضاء فارغ هو الأسوأ من كل الأكوان لمستقبل الحياة. من المحقَّق أن تختفي أي حضارة في النهاية في مثل هذا الكون، جوعًا للطاقة لكي تبقى على قيد الحياة. وبعد فترة طويلة متعذرة القياس ربما ينتج تموج كمي ما أو تهيج حراري ما يؤدي إلى تكوين منطقة محلية حيث يمكن أن تنشأ الحياة مرة أخرى وتتطوَّر وتزدهر. ولكنها سوف تكون عابرة أيضًا. سوف يهيمن على المستقبل كون بـ «لا شيء» فيه يتم تقدير لغزه الكبير.

في المقابل، لو أن المادة التي صنعتنا خلقت مع بداية الزمن، من عمليات كمية ما -كما وصفت- فمن المحقَّق افتراضيًا أنها ستختفي مرة أخرى أيضًا. إن الفيزياء ثنائية الاتجاه، وفيها ترتبط البدايات مع النهايات. سوف تنقرض البروتونات والنيوترونات في المستقبل البعيد جدًا جدًا، وسوف تختفي المادة، وسوف يقترب الكون من حالة من البساطة القصوى والتناظرية.

لعله جميل رياضيًّا، لكنه مجرَّد من الجوهر.

وكما كتب هراقليطس (من أفسيوس) في سياق مختلف إلى حد ما: «كان هوميروس مخطئًا حين قال: «لعل هذا الصراع يختفي من بين صفوف الآلهة والبشر». لم يدرك أنه كان يصلي من أجل دمار الكون؛

فلو أن هناك من استجاب لصلواته، لاختفت كل الأشياء»؛ أو كما صاغها كريستوفر هيتشنز: «النيرفانا هي اللاشيء».

ربما حتمية هذه النسخة الأكثر تطرفًا من هذا التراجع الأخير إلى «اللاشيء». ولقد طرح بعض منظّري نظرية الأوتار -على أساس الرياضيات المعقدة- أن كونًا مثل كوننا بطاقة موجبة في الفضاء الفارغ لايستطيع أن يكون مستقرًا. كما انه -في النهاية- لا بد أن يتقهقر إلى حالة تكون فيها الطاقة المصاحبة للفضاء سالبة. سوف ينهار كوننا مرة ثانية إلى الداخل إلى نقطة، إذ يعود فيها إلى سديم كَمّي ربما بدأ منه وجودنا. لو أن هذه الأطروحات صحيحة، فسوف يختفي إذن كوننا بالحدة نفسها التي بدأ بها على الأرجح.

في هذه الحالة، سوف تكون الإجابة عن سؤال: «لماذا هناك شيء ما بدلًا من لا شيء؟». هي التالية: «لن يدوم ذلك طويلًا».

خاتمة

«إن الإقرار بالحقيقة المجرَّبة بأنها وجه من وجوه الحقيقة موضوع عميق، والنابض الرئيس الذي حرَّك حضارتنا منذ عصر النهضة».

جاكوب برونوسكي

بدأتُ هذا الكتاب باستشهاد آخر من جاكوب برونوسكي:

«حلم أم كابوس، علينا أن نعيش تجربتنا كما هي، وعلينا أن نعيشها يقظين. نحن نعيش في عالم يتخلله العلم أعمق وأعمق؛ عالم كلي وحقيقي على السواء. إن انحيازنا لطرف دون الآخر لن يحوّله إلى لعبة ببساطة».

وكما طرحتُ من قبل، فإن حلم شخص ما هو كابوس شخص آخر. قد يبدو للبعض أن كونًا دون غاية أو إرشاد يجرِّد الحياة ذاتها من المعنى. أما البعض الآخر، من بينهم أنا، نرى أن هذا الكون محفِّز. فهو يضفي على حقيقة وجودنا مزيدًا من الدهشة، ويدفعنا لاستقاء معنى من أفعالنا، ولأن نستغل وجودنا القصير تحت الشمس إلى أقصى حد، لأننا ببساطة هنا، نتمتع بنعمة الوعي ولدينا فرصة أن نفعل هذا. ومع ذلك، فإن النقطة الجوهرية في كلمات برونوسكي هي أن أيًّا من الطرفين ليس

مهمًا بالفعل، وما نوده ونتمناه للكون لا صلة له بالمسألة. وأيًا ما كان قد حدث، فإنه قد حدث، وحدث على المقياس الكوني، وأيًا ما كان على وشك أن يحدث على هذا المقياس، فإنه سوف يحدث بغضّ النظر عمَّا نحبّ وما نكره. إننا لا نستطيع أن نؤثّر في السابق، ولن نؤثّر على الأرجح في القادم.

وعلى أي حال، ما نستطيع أن نفعله هو أن نحاول فهم شروط أو ظروف وجودنا. وقد وصفت في هذا الكتاب رحلة من أكثر الرحلات الاسكتشافية روعةً قامت بها البشرية -على الإطلاق- في تاريخ نشوئها وتطورها. إنها رحلة ملحمية كي نستكشف الأكوان، ونفهمها على سلم مقاييس، لم تكن معروفة ببساطة منذ قرن مضى. لقد وسعت الرحلة من حدود الروح الإنسانية، إذ مزجت بين الإرادة في اتباع الدليل إلى أينما يقود وشجاعة تكريس عمر كامل في استكشاف المجهول، مع العلم التام بأن المجهود المبذول قد يذهب هباءً، وأخيرًا، تطلبت الرحلة مزيجًا من الإبداع والمثابرة في مهاجمة مهمَّات مرهقة من التبويب، عبر معادلات لانهائية وتحديات تجريبية لا تنتهي.

لقد انجذبتُ إلى أسطورة سيزيف وربطتُ بين المجهود العلمي ومهمته الدائمة بدفع الصخرة إلى أعلى الجبل؛ لكي تسقط مرة ثانية كل مرة، قبل أن يصل إلى القمة. وكما تصوَّر كامو، كان سيزيف يبتسم، ولا بد أن نبتسم نحن. إذ إن تقدُّم رحلتنا -أيًا كانت نتيجتها- هو عائدها الخاص بها.

إن التقدم الاستثنائي الذي أنجزناه في القرن الماضي حقَّق لنا -نحن العلماء- ذروة تناول الأسئلة العميقة تناولًا إجرائيًا؛ تلك الأسئلة التي برزت منذ أن أخذنا -نحن البشر- أولى خطواتنا المتردِّدة لفهم من نحن ومن أين أتينا.

وكما وصفت هنا، نشأت تلك الاسئلة وتطورت معانيها الدقيقة -عبر هذه الصيرورة- بموازاة فهمنا للكون. لا بد أن نفهم سؤال «لماذا شيء ما بدلًا من لا شيء» في سياق كون يختلف فيه معنى هذه الكلمات عمَّا كانت تعنيه ذات مرة، وأن التمييز ذاته بين «شيء ما» و«لا شيء» بدأ يختفي، حيث يصبح الانتقال بين الاثنين في السياقات المختلفة ليس شائعًا فقط، بل ضروريًا.

وهكذا، تنحّى السؤال ذاته جانبًا أثناء نضالنا وسعينا وراء المعرفة. بدلًا من ذلك، فإننا مدفوعون لنفهم العمليات التي تحكم الطبيعة بطريقة تسمح لنا بطرح توقّعات علمية وبالتأثير، أينما أمكن، في مستقبلنا. وفي أثناء ذلك، اكتشفنا أننا نعيش في كون يتمتع فيه الفضاء الفارغ - الذي تحوَّل من قبل إلى لا شيء- بديناميكية جديدة، تهيمن على التطور الحالي للأكوان. لقد اكتشفنا أن كل العلامات تطرح كونًا يمكن أن يكون بزغ من لا شيء أعمق -بما فيه غياب الفضاء ذاته- والذي يمكن أن يعود ذات يوم إلى لا شيء عبر عمليات ليست فقط شاملة، بل إنها -أيضًا- لا تتطلب أي تحكم خارجي أو توجيه. وبهذا المعنى لا يجعل العلم الإيمان بالله، كما أكد الفيزيائي ستيفن وينبرج Steven Weinberg، مستحيلًا، بل يجعل -على الأحرى- من الممكن ألا تؤمن بالله. من دون العلم، فإن كل شيء معجزة. بينما مع العلم، تظل احتمالية ألا يكون أي شيء معجزة. بينما تتضاءل ضرورة الإيمان الديني في هذه الحالة أكثر وأكثر، وتضعف صلتها بالموضوع أكثر وأكثر.

يعود اختيار العودة إلى تصور الخلق الإلهي إلى كل واحد منَّا بالطبع، ولا أتوقَّع أن يخفت الجدل الدائر في وقت قريب. لكن -وكما أكدت- أعتقد أنه لو يجب علينا أن نكون صادقين فكريًا يجب أن نقوم باختيار مستبصر؛ مستبصر بالحقيقة وليس بالكشف الروحاني.

هذه هي الغاية من هذا الكتاب؛ أن يقدم صورة مستبصرة عن الكون كما نفهمه وأن يصف التوقعات النظرية التي تقود الفيزياء إلى الأمام؛ حيث نحاول نحن العلماء فصل الغَثّ عن السمين في ملاحظاتنا ونظرياتنا.

لقد أوضحت تحيّزي: يبدو أن الحالة التي تقر بأن كون (نا) بزغ من «لا شيء» هي أكثر البدائل الفكرية الآسرة حتى الآن بالنسبة لي في الوقت الحاضر. بينما يمكنك أن تتوصل -بنفسك- إلى استنتاجك الخاص.

أريد أن أنهي مناقشتي بالعودة إلى سؤال، أنا أجده شخصيًا أكثر روعة فكريًا حتى من سؤال «شيء ما» من «لا شيء». إنه السؤال الذي طرحه آينشتاين عمّا إذا كان لله أي خيار في خلق الكون أم لا. إذ يقدِّم هذا السؤال الدافع الأساسي لكل بحث -تقريبًا- في البنية الجوهرية للمادة والفضاء والزمن؛ البحث الذي استغرق معظم حياتي المهنية.

اعتدت الاعتقاد بأن هناك خيارًا صلبًا في الإجابة عن هذا السؤال، ولكن في سياق كتابتي لهذا الكتاب، تبدَّلت وجهة نظري. وبوضوح، فإنه إذا كانت هناك نظرية واحدة تضم مجموعة فريدة من القوانين التي تصف، وتعيّن كيف خرج الكون إلى الوجود والقوانين، التي حكمت تطوره منذ ذلك الحين- هدف الفيزياء منذ نيوتن وجاليليو- فإن الإجابة -إذن- ستكون: «لا. كان يجب أن تكون الأشياء بالطريقة التي كانت بها وتكون».

لكن لو أن كوننا ليس فريدًا، وأنه جزء من أكوان متعدِّدة لانهائية من الأكوان، فهل تكون الإجابة عن سؤال آينشتاين هذه الإجابة الفضفاضة: «نعم، هناك كوكبة من الخيارات للوجود»؟

لستُ متأكدًا. ربما تكون الإجابة هي: هناك مجموعة لا متناهية من المكوّنات المختلفة من القوانين، وهناك تنويعات من الجزيئات والمواد

والقوى والأكوان المتمايزة؛ حتى يمكن أن تبزغ في هذه الأكوان المتعددة. وربما تكون الإجابة هي: إن مكونًا محددًا جدًا، ذلك الذي ينتج في كون من النوع الذي نعيش فيه أو يشبهه كثيرًا، يمكن أن يدعم نشوء الكائنات وتطوّرها التي يمكن أن تسأل مثل هذا السؤال. ومن ثَمَّ تظل الإجابة عن سؤال آينشتاين سلبية. إن الله أو الطبيعة التي يمكن أن تحتوي أكوانا متعددة قد يكون مقيّدًا في خلق كون يمكن آينشتاين أن يسأل فيه هذا السؤال، بقدر ما يكون كلاهما مكبَّلَيْن لو أن هناك خيارًا واحدًا فقط للواقع الفيزيائي المتساوق.

ترضيني -لدرجة غريبة- احتمالية أن في كل من السيناريوهين السابقين، لن يتمتع حتى الله القدير -على ما يبدو- بحرية في خلق كوننا؛ لأن هذا يطرح بلاشك أن الله غير ضروري؛ أو على أفضل الأحوال فائض عن الحاجة.

فيما بعد

ريتشارد داوكنز[1]

لا شيء يوسِّع من آفاق العقل مثل كون متمدِّد. موسيقى الكواكب ترنيمة ذات إيقاع طفولي؛ أغنية قصيرة في مقابل النغمات الجليلة التي تعزفها السيمفونية المجريّة. وإذ تغيَّر المجاز والبُعد، تذرو رياح العصور الجيولوجية الناحتة تراب القرون وسُدُم، ما نظن أن اسمه تاريخ «قديم». إن عمر الكون، حتى الذي يصل بدقة -كما يؤكد لنا لورانس كراوس- إلى أربعة أرقام معنوية 13.72 مليار عام، يتضاءل بآلاف آلاف السنوات القادمة.

غير أن رؤية كراوس لعلم الكون والمستقبل البعيد تحمل مفارقة وتثير الخوف. على الأرجح سوف يمضي التقدم العلمي في الجهة المعاكسة. نحن نعتقد -بديهيًا- أنه إذا كان هناك علماء فلك بعد تريليوني عام بعد الميلاد، فسوف تتجاوز رؤيتهم للكون رؤيتنا. هذا لن

(1) Richard Dawkins (1941-) عالم البيولوجيا التطورية. من أهم وأشهر أعماله " الجين الأناني selfish gene".

يحدث؛ وهذه نتيجة من النتائج العديدة الساحقة، التي استخلصتها قبيل انتهائي من هذا الكتاب. اجمع أو اطرح عدة مليارات من السنين تقل أو تزيد، ستجد أن عصرنا هو الأنسب لتكوُّن عالِم في علم الكون. إذن بعد تريليوني عام، سيكون الكون قد تمدَّد إلى درجة أن كل المجرات باستثناء مجرة عالم الكون (أيًا ما سيحدث) والتي تكون قد انحسرت إلى ما وراء الأفق الآينشتايني، انحسارًا مطلقًا ومنيعًا، بحيث إن هذه المجرَّة لن تكون غير مرئية فقط بل لن يكون هناك -أيضًا- أدنى احتمال بأن تترك وراءها أثرًا ولو غير مباشر. ولعلها لم توجد أبدًا كذلك. سوف يختفي كل أثر على الانفجار الكبير على الأرجح، إلى الأبد وبغير رجعة. وسوف ينقطع علماء الكون المستقبليون عن ماضيهم وعن موضعهم، بطريقة لم نَمُرّ بها.

نعرف أننا في وسط 100 مليار مجرة، ونعرف بحدوث الانفجار الكبير لأن الأدلة عليه تحيط بنا في كل مكان: يخبرنا إشعاع الانزياح الأحمر الصادر من المجرات البعيدة عن معامل تمدُّد هابل ونستنبط حدوثه رجوعًا. إننا نتمتع بميزة رؤية الدليل لأننا نطل على كون وليد؛ كما ننعم في هذا العصر البازغ بأن النور لا يزال يستطيع أن يسافر من مجرة إلى أخرى. وكما صاغها كراوس وزميل آخر بحكمة: «نحن نعيش في عصر خاص... الوقت الوحيد الذي نستطيع فيه أن نتأكد -عن طريق الرصد- أننا نعيش في عصر خاص جدًا!» سوف يُجبر علماء الكون في التريليون الثالثة على العودة إلى الرؤية القاصرة لأوائل القرن العشرين، مسجونين كما كنا في مجرة واحدة، تلك المجرة التي كانت مرادفًا للكون، حسب ما كنا نعرف واستطعنا تصوره.

أخيرًا، وحتمًا، سوف يزداد تسطح الكون أكثر ليصل إلى «اللاشيء» الذي يعكس بدايته. ولن يكون هناك علماء كون ينظرون ويبحثون في

الكون فحسب، بل لن يكون هناك شيء لكي يروه حتى إن حاولوا ذلك... لا شيء على الإطلاق، ولا حتى ذرات... لا شيء.

لو أنك تعتقد أن هذا كئيب ومتعِس... فهذا أمر سيئ جدًا. إن الواقع لا يدين لنا بالراحة. وحين علّقت مارجريت فولر Margaret Fuller بما أتصور أنه تنهيدة رضا: «أقبل الكون»، أجاب توماس كارلايل Thomas Carlyle إجابة ذابلة: «عجبًا، هذا أفضل لها». شخصيًا، أعتقد أن الضربة القاضية والأبدية، للا شيء مسطحًا تسطيحًا لا متناهيًا، ويتمتع بالعظمة، هي أنه يستحق مواجهته بشجاعة على أقل تقدير.

لكن إذا كان يمكن أن يتسطح «شيء ما» إلى «لا شيء»، ألا يمكن أن ينبثق اللاشيء إلى فعل ويعطي الميلاد إلى شيء ما؟ أو لماذا هناك «شيء ما» بدلًا من «لا شيء»، حسب السؤال اللاهوتي المكرَّر؟ هنا، لعلنا نصل إلى أكثر درس رائع تقريبًا نتعلمه مع الانتهاء من كتاب لورانس كراوس. إن الفيزياء لا تخبرنا فقط كيف يمكن أن يخرج شيء ما من لا شيء، بل إنها تذهب إلى أبعد من هذا -حسب رواية كراوس- وتبين لماذا اللاشيء متقلقل: شيء ما كان مقيدًا بأن يبزغ إلى الوجود منه. لو أنني أفهم كراوس فهمًا صحيحًا، فهذا يحدث طول الوقت: يبدو هذا المبدأ وكأنه النسخة الفيزيائية من المغالطة المنطقية الشهيرة: خطآن يصنعان صوابًا. تومض الجزيئات والجزيئات المضادة مثل سراج الليل وتنطفئ، تفني بعضها بعضًا، ثم تعيد خلق نفسها بعملية معاكسة، من «اللاشيء».

إن التكوين العفوي لشيء ما من «لا شيء» حدث على نحو هائل في بداية المكان والزمان، في حدث فريد معروف باسم الانفجار الكبير، ثم تلته فترة تضخّمية، حين استغرق الكون، وكل ما يحتويه، جزءًا من الثانية؛ لينمو إلى ثمانية وعشرين قيمة أسية (هذا يساوي واحد مع ثمانية وعشرين صفرًا؛ فكِّر بهذا).

يا له من تصور غريب وسخيف! بالفعل، إن هؤلاء العلماء بقدر سوء أساتذة القرون الوسطى الذي يحسبون عدد الملائكة فوق رأس دبوس أو يتجادلون حول «لغز» تحوّل الخبز إلى جسد المسيح.

إن الأمر ليس هكذا... ليس بهذا التصميم والحماسة والغزارة. هناك الكثير مما لا يعرفه العلم (وهو يعكف على هذا بهمة ونشاط). ولكن بعضًا مما نعرفه، لا نعرفه تقريبًا (الكون ليس مجرَّد آلاف السنوات بل مليارات السنوات) وإنما نعرفه بثقة وبدقة متناهيتين. لقد ذكرت -بالفعل- أن عمر الكون يساوي أربعة أرقام معنوية. هذا يكفي للإبهار، ولكنه لا شيء مقارنة بدقة بعض التوقعات العلمية، التي يمكن للورانس كراوس وزملائه أن يصيبونا بالدهشة معها. أشار فاينمان بطل كراوس إلى أن بعضًا من توقعات نظرية الكم -تستند مرة ثانية إلى افتراضات تبدو أكثر غرابة مما يمكن أن يكون حَلُمَ به أكثر اللاهوتيين ظلامية- ثبتت صحتها بدقة متناهية تعادل حساب المسافة بين نيويورك ولوس انجلوس بقيد أنملة أو شعرة.

ربما يتفكر اللاهوتيون في عدد الملائكة فوق رأس دبوس، أو أيًا ما كان المعادل العصري لهذا. كما يبدو أن للفيزيائيين ملائكتهم الخاصة بهم ودبابيسهم: كوانتا وكوارك، «روعة»، و«غرابة»، و«دوران». لكن يستطيع الفيزيائيون عَدّ ملائكتهم، والحصول على أصحّ عدد في مجموع 10 مليار: لا أكثر ولا أقل. قد يبدو العلم غريبًا وغامضًا، بل أكثر غرابة وأقل غموضًا من أي لاهوت، لكن العلم نافع. العلم يحصل على نتائج، إنه يستطيع أن يطير بك إلى زحل، يقفز بك إلى الزهرة والمشترى في الطريق. ربما لا نفهم نظرية الكم (يعلم الله، أنني لا أفهمها)، لكن النظرية التي يمكن أن تتنبأ بالعالم الحقيقي إلى عشرة أرقام عشرية لا يمكن أن تكون خاطئة بالمعنى المباشر. لا يفتقد اللاهوت الأرقام

العشرية فقط، بل يعوزه حتى أقل قدر من التواصل مع العالم الواقعي. وكما قال توماس جيفرسون Thomas Jefferson، حين أسَّس جامعة فرجينيا: «لا يجب أن يكون هناك مكان لأستاذية لاهوت في معهدنا».

لو سألت المؤمنين الدينيين لماذا يؤمنون، فربما تجد بعضًا من السفسطة اللاهوتية التي سوف تتحدَّث عن الله باعتباره «أساس كل الوجود» أو باعتباره «أساس الوجود» أو شيء من قبيل هذه المراوغة المجازية. لكن يقفز أغلبية المؤمنون، الأكثر صدقًا وهشاشة، إلى نسخة الحجة التي تتمحور حول التصميم أو العلة الأولى. لم يحتَج فلاسفة من معيار داڤيد هيوم David Hume إلى أن ينهضوا من هذا الكرسي الوثير؛ ليبيّنوا الضعف القاتل في تلك الحجج: المغالطة بالمصادرة على المطلوب أو التماس سؤال أصل الخالق. بل إن المسألة احتاجت إلى تشارلز داروين، أن يكون في العالم الحقيقي على متن سطح سفينة بيجيل، لكي يكتشف البديل البسيط بساطة عبقرية التصميم، وليس بالتماس السؤال أو المصادرة على المطلوب. كان علم الأحياء أرض الصيد المفضلة دائمًا لدى علماء اللاهوت الطبيعيين حتى قام داروين -دون عمد، لأنه كان أطيب وأنبل الرجال- بطردهم منها. فروا إلى المراعي الخالية من الفيزياء وأصول الكون، ليجدوا لورنس كراوس وأسلافه في انتظارهم.

هل تبدو قوانين الفيزياء وثوابتها أشياء معدَّلة مسبقًا بدقة، ومصمَّمة بهدف خلقنا؟ هل تعتقد أن قوة ما تسببت في أن يبدأ كل شيء؟ اقرأ ڤيكتور سترينجر Victor Stenger، فإذا كنت لا تستطيع أن ترى الخطأ في أطروحات مثل تلك. فاقرأ ستيڤن وينبرج Steven Weinberg، وبيتر أتكينز Peter Atkins، ومارتن ريس Martin Rees ، وستيفن هوكينج Stephen Hawking. ثم نستطيع أن نقرأ لورانس كراوس في

ما يبدو لي ضربة قاضية. بل إن الورقة الرابحة التي لا تزال في جعبة اللاهوت، تسقط أمام عينيك أثناء قراءتك لتلك الصفحات. لو أن كتاب أصل الأنواع كان ضربة علم الأحياء القاضية لما وراء الطبيعة، فربما يجب أن نرى «كون من لا شيء» معادلًا له في علم الكون. يعني العنوان ما يقوله بالضبط. وما يقوله مُهلك.

حوار مع المؤلف

1. ماذا تعني حقًا بـ «لا شيء»؟

كما شرحتُ في الكتاب، أعتقد أن من المفيد بشكل أكبر أن نبني تعريفاتنا على وقائع مكتشفة إمبريقيًا بدلًا من أن نبنيها على مبادئ فلسفية مجرَّدة. وبالنسبة لي -بعيدًا عن سؤال «اللاوجود»، الذي يأخذ المرء إلى كثير من المسائل الفلسفية العميقة، التي هي بالأحرى أفكار فلسفية عقيمة- فإن الوجه الإعجازي حقًا في كوننا، الذي أعتقد أنه ألهمني أكثر من الجدل الدائر حول هذه القضية عبر القرون، هو كيف بزغت كل المادة التي نستطيع أن نراها من كون لم توجد فيه هذه المادة بالفعل. ويبدو أن هذا ينتهك الحفاظ على الطاقة على أقل تقدير، والأهم، إنه وعي جمعي. لكن أحد الجوانب العظيمة التي يتصف بها العلم التي أحب أن أنقلها هو أن هذا الوعي الجمعي ليس بالضرورة مرشدًا جيدًا في فهم الطبيعة مقدَّمًا. لا بد أن ينبع وعينا الجمعي من الكون، وليس العكس. والمعجزة غير الإعجازية الرائعة أن دمج ميكانيكا الكم مع الجاذبية يسمح للمادة أن تنبثق من اللا- مادة.

والآن قد تكون حالة اللا-مادة ليست «اللاشيء» بالمعني

الكلاسيكي، ولكنه تحول رائع مع ذلك. لهذا فإن الشكل الأول من «اللاشيء» هو الفضاء الفارغ. إلا أن المرء محق جدًا في التساؤل عمّا إذا كان هذا «لا شيء» حقًا أم لا! لأن هناك فضاءً، كما أن هناك زمنًا. فشرحت حينئذ كيف يمكن أن يكون الفضاء والزمن في حد ذاتيهما منبثقين من لامكان ولازمن وهو قريب جدًا بالتأكيد للا شيء المطلق. وغير جدير بالذكر أن المرء -مع ذلك- يمكن أن يتساءل ما إذا هذا لا شيء أم لا؛ لأن بعض قوانين الفيزياء تتوسَّط الانتقال. من أين أتت؟ هذا سؤال جيد، وإحدى الإجابات المعاصرة هي أن القوانين يمكن أن تكون في حد ذاتها عشوائية، وقد أصبحت موجودة مع الأكوان التي يمكن أن تنبثق. ولا يزال السؤال يُطرح: ما الذي سمح لأي من هذا أن يكون ممكنًا؟ لكنه على مستوى ما مغالطة، كما شرحت في بداية الكتاب: «السلاحف إلى ما لانهاية». هناك أسئلة نستطيع أن نتناولها بفاعلية بمناهج إمبريقية وأسئلة نستطيع أن نطرحها لا تؤدي بنا إلى بصيرة فيزيائية وتوقعات علمية. المهارة هي أن تعرف الفرق بين الاثنين.

2. لماذا «كيف؟» وليس «لماذا؟».

ترتبط أسئلة «لماذا» بمتاع فكري غير مقصود عادة. ويمكننا أن نسأل «لماذا هناك تسعة كواكب حول شمسنا؟» (سوف يظل بلوتو كوكبًا بالنسبة لي دائمًا) لكننا بهذا السؤال لا نعزو أهمية أو هدفًا لرقم تسعة، كما لو أن الكون مصمَّمًا لتكون هناك تسعة كواكب حول الشمس. لو أن شمسنا هي النجم الوحيد، فربما نعزو أهمية ما لهذا العدد الخاص (كما فعل كيبلر حين حاول أن يشرح ستة كواكب من خلال الأشكال الصلبة الأفلاطونية). ولكننا نكون أكثر اهتمامًا بالطرق المختلفة التي يمكن أن تبزغ بها النظم الشمسية وكيف. يفترض طرح سؤال «لماذا؟» هدفًا ما، الذي لا يحتاج إلى أن يوجد. في النهاية يستطيع الشخص أن

يظل يسأل لماذا إلى الأبد، وربما تكون الاجابة النهائية «لأن»، لكنها لا تنير بما يكفي.

3. إذا تخلصت من الله، فهل تفقد الحياة الغاية منها؟

بالنسبة لي بالتأكيد لا؛ بالعكس تمامًا. قد أجد غاية هزيلة حين أعيش في عالم تحكمه شخصية مقدسة مثل صدام حسين، كما صاغها صديقي الراحل كريستوفر هيتشنز، هذه الشخصية التي لا تسن القوانين فحسب، بل تعاقب أولئك الذين يعصونها بلعنة أبدية. أجد أن العيش في كون دون غاية أمرًا مدهشًا لأنه يضفي مزيدًا من القيمة الغالية على مصادفة وجودنا؛ شيء ما يجب تقديره عاليًا خلال لحظتنا القصيرة تحت الشمس.

4. ماذا تعني بـ «مسطح»؟ هل الكون منبسطًا مثل الكعكة؟

تمنيت لو شرحت هذا بحرص أكبر قليلا في نسخة الكتاب السابقة، وقد وسَّعت من حدود النقاش في هذه الطبعة. إن فضاء ثلاثي الأبعاد مسطحًا هو بالضبط نوع الفضاء الذي تعتقد أنك تعيش فيه، حيث تسافر أشعة الضوء في خطوط مستقيمة، وتظل الإحداثيات (و، س، ص) تظل متعامدة كما هي. أما في الفضاءات المنحنية ثلاثية الأبعاد، فإنه لا تصح أي من الحقيقتين. بما أن الكتلة والطاقة يمكن أن تجعل الفضاء ينحني مكانيًا (أي حول الشمس وكوكب الأرض على سبيل المثال)، فإن السؤال الكبير هو: «ماذا عن البنية الكلية للفضاء على سلم المقاييس الأضخم: هل هي منحنية أم لا؟» ويتضح أنه على سلم المقاييس المرئية الأضخم، ليست كذلك. وهذه الحقيقة معبّرة جدًا، كما شرحت في الكتاب، لأنها ما يمكن أن يتوقعه الشخص من كون انبثق من لا شيء.

5. أليس العلم نوعًا آخر من الإيمان؟

بالتأكيد لا، لأن بالعلم يغير العلماء من تفكيرهم، يعترفون أنهم

مخطئون وسعداء ومتشوّقون لأن يتخلوا عن أفكارهم لو اتضح أنها غير صالحة. إننا لا نفترض أننا نعرف بالتأكيد -وعن يقين- إجابات عن الأسئلة قبل أن نطرحها. إذن، ومن ثمَّ، فإننا نؤمن بأن الكون ممكن فهمه، لكن أعظم ما في العلم أن ايماننا متزعزع. يمكن أن نتخلى -في أي لحظة- عن إيماننا بأي شيء آمنا به ذات مرة، لو الطبيعة طرحت عكسه.

6. هل البحث عن بوزون هيجز في مصادم الهدرونات الكبير له معنى كوني؟ ماذا لو اكتشفناه؟ وماذا لو لم نكتشفه؟

لقد ناقشت هذه المسألة في المقدمة الجديدة من هذه الطبعة. إن البحث عن بوزون هيجز يعكس حجر الزاوية لرحلة فكرية رائعة بدأت منذ خمسين عامًا، ولو تم اكتشافه في مصادم الهدرونات الكبير -كما طرحت التقارير المبدئية في العام 2011- فسوف يضفي الصحة على صرح نظري سوف يقف على أرض غير ثابتة لو حدث العكس. وفي هذا السياق سوف يكون رائعًا لو صحَّت أفكارنا بصدد هيجز، لأن الطبيعة غالبًا ما تفاجئنا. إن معظم النظريات في الحقيقة خاطئة؛ فلو أن هذا ليس هو الحال، يمكن أن يشتغل أي أحد بالفيزياء. لكن في كل الأحوال لو أن بوزون هيجز موجود، فهذا يعني أن الوجه الآخر من وجودنا هو مصادفة كونية. سوف تكتسب الجزيئات كتلتها خلال تفاعلاتها مع حقل خلفي، غير مرئي مع ذلك، كأن تحاول السباحة في دبس السكر. هذا يعني لو أن هذا الحقل لم ينشأ في الكون المبكر، لم نكن لنوجد هنا... «شيء ما» من «لا شيء» آخر مع ذلك! في الوقت نفسه، سوف يثير اكتشاف هيجز أسئلة أكثر من أجوبة: لماذا يتمتع بالكتلة التي يتمتع بها؟ كيف يمكن أن نفهم وجوده في سياق القوى الأربعة الموجودة في الطبيعة؟.. وهكذا.

7. قرأت أن القوانين الجوهرية للطبيعة ليس لديها ما تقوله عن موضوع من أين أتت القوى المرئية، أو لماذا تكوَّن العالم من

أنواع معينة من الجزيئات والحقول، أو لماذا يجب أن يكون هناك عالم في المقام الأول. ما تعليقك؟

في الحقيقة، هذا واحد من أعظم التطورات التي شهدتها فيزياء الجزيئات في الأربعين عامًا الماضية، أن تعلم أن خواص الكون الذي نرى، حيث تتجلى القوى، وحيث يمكن أن توجد أنواع معينة من الحقول على النطاقات المرئية وحيث تتمتع جزيئات بكتلة وأخرى لا تتمتع بها، يمكن أن تنبثق عفويًا مصادفة نتيجة شروطنا. وهذه الظاهرة تسمًّى «انكسار التناظر العفوي» وتقول أساسًا إنه بينما تنشأ وتتطور الأكوان وتبرد فإنه يمكن أن يتطور حقل خلفي ما عبر الفضاء، مثلما تتكون الكرات الثلجية الكريستالية على حافة نافذتك، ومثلما نتوقع أن حقل هيجز قد يكون على المنوال نفسه. (إن طبيعة الأنماط المحددة على حافة نافذتك في يوم ثلجي ليست مقدَّرة مسبقًا في بداية الزمن، بل إنها تبزغ ديناميكيًا).

حين يتطور هذا الحقل الخلفي، فإنه يجعل بعض الجزيئات كبيرة (ولذلك فإنها تكون غير مستقرة فتتحلل إلى جزيئات أخرى وتختفي) وأن تظل جزيئات أخرى بلا كتلة. إنه يحدد كذلك أي القوى التي تعمل على المسافات الطويلة مثل الكهرومغناطيسية، والتي لا تعمل مثل التفاعل الضعيف. وعندما نتساءل عن السبب الذي يمكن أن يوجد عالم في المقام الأول، فمرة أخرى، نعود إلى انكسار التناظر العفوي- والذي يتضمن هذه المرة احتمالية عمل الجاذبية- الذي يمكن أن يتسبب في امتداد بعض الأكوان إلى ما لانهاية وأن تعيش طويلًا، بينما سوف تختفي أخرى في برهة. هكذا يمكن أن تشرح كذلك لماذا توجد بعض العوالم مدة طويلة تكفي لأن تطرح السؤال «لماذا هناك «شيء» ما بدلًا من «لا شيء»؟».

8. أليس من الصلف الزعم بأننا نعرف أن الكون جاء من لا شيء وأن العلم أجاب عن كل الأسئلة البارزة في علم الكون؟

من المفترض أن تقرأ هذا النقد الذي يطلقه غالبًا بعض الناس الذين لم يقرأوا الكتاب. إن إحدى النقاط الرئيسة في كتابي هي أننا لا نعرف كل الإجابات، ولكن ما تعلمناه مشوق ومثير، ويضعنا في الوقت نفسه في مواجهة بعض الأسئلة الأساسية العميقة، التي يمكن أن لا تكون طيّعة حقًا للتزييف الإمبريقي.

9. ألا يتوافق العلم مع الدين؟ فكلاهما -في النهاية- يسبران غور الأسئلة ذاتها، أليس كذلك؟

يتوافق العلم مع شكل أساسي ما من الألوهية؛ أي أننا لا نستطيع أن نقول إن الكون -حتى الذي يأتي من لا شيء عبر صيرورات فيزيائية طبيعية- لم يخلق بهدف ضمني ما لا دليل عليه. (حقيقة أن لا دليل على الغايات تجعل من الصعب بالطبع طرحها للجدل، لكن ذلك لا يهم) ولكن بافتراض قولك لذلك، فإن العلم لا يتوافق مع كل المذاهب الصارمة لكل أديان العالم الرئيسة، بما يشمل المسيحية واليهودية والإسلام، إلى جانب بعض الأديان الصغرى، مثل: المورمونية والبوذية. وهناك سبب جيد لهذا: لقد كتب هذه المذاهب أشخاص لم يعرفوا كيف يسير العالم. وباستثناء المورمونية، الحديثة، فقد كُتبت تلك الأديان حين لم نكن نعرف أن كوكب الأرض يدور حول الشمس!

10. هل أنت ملحد؟

ليس بالمعنى الذي أستطيع أن أدّعي حاسمًا أنه لا يوجد إله أو غاية من الكون. ولكنني لا أستطيع أن أزعم حاسمًا أنه لا يوجد إبريق شاي يدور حول عطارد كما قال برتراند راسل ذات مرة. فهذا أمر مستبعد -بطبيعة الحال- بشدة. لكن ما أستطيع أن أزعمه بحسم هو أنني لم أكن لأرغب العيش في كون واحد مع الله، بينما يجعلني ضد الألوهية، كما كان صديقي كريستوفر هيتشنز.

الفهرس

مقدمة الطبعة الورقية 5
مقدمة 15
الفصل الأول: قصة لغز الكون، البدايات 25
الفصل الثاني: قصة اللغز الكونية، وزن الكون 51
الفصل الثالث: ضوء من أول الزمان 69
الفصل الرابع: جعجعة بلا طحن................................87
الفصل الخامس: الكون الهارب 111
الفصل السادس: وجبة غذاء مجانية عند نهاية الكون............ 127
الفصل السابع: مستقبلنا التعس 143
الفصل الثامن: مصادفة عظيمة؟ 161
الفصل التاسع: اللاشيء هو شيء ما 183
الفصل العاشر: اللاشيء غير ثابت............................. 197
الفصل الحادي عشر: عوالم جديدة شجاعة 217
خاتمة 229
فيما بعد 235
حوار مع المؤلف.. 241

«قصدت أن أربط في هذا الكتاب بين الاكتشافات الرائعة التي أنجزها العلم المعاصر وسؤال فَتَن اللاهوتيين والفلاسفة وفلاسفة الطبيعة والجمهور العام لأكثر من ألفيّتَيْن... وأيًّا كانت الحلول النهائية للألغاز التي سوف أناقشها في هذا الكتاب، فإن اكتشافاتنا في الفيزياء الأساسية وعلم الفلك غيّرت من فهمنا لمكاننا في الفضاء بطرق عميقة؛ ليس بتغيير الأسئلة التي نطرحها فحسب، وإنما كذلك بتغيير الهدف ذاته من الأسئلة. ذلك ربما يكون الإرث الأعظم للعلم المعاصر، إرث يتشارك مع الموسيقى العظيمة والأدب العظيم والفن العظيم».

يقدم لورانس كراوس، الكاتب الأكثر مبيعًا والفيزيائي المعروف، نظرة جديدة وغير مألوفة لبداية الكون، يشرح فيها كيف وُجد كل موجود من البداية.

«من أين أتى الكون؟ ما الذي وُجد قبله؟ ماذا يخبىء لنا المستقبل؟ لماذا هناك شيء بدلًا من لا شيء؟».

يتجاوز كراوس الفجوة بين العلم والثقافة الشعبية، ويصف للقارئ الملاحظات العلمية المذهلة، والنظريات الجديدة المدوِّخة، التي تشرح كيف أن شيئًا ما بزغ من لا شيء.

بمقدمة جديدة تظهر أهمية اكتشاف بوزون هيجز، يأخذنا هذا الكتاب إلى لحظة البداية الأولى، بطرافة المؤلف المعروفة وشروحه الواضحة، مقدّمًا أحدث الأدلة التي تشرح كيف تطور كوننا، ومحاولًا التنبؤ بشكل نهايته.

تصميم الغلاف نجاح طاهر